



TESIS – PM 147501

**OPTIMASI JARINGAN AKSES *FIBER TO THE HOME*
DENGAN METODE *MULTIRESPONSE SURFACE* DAN
DESIRABILITY FUNCTION DI PT. TKM**

**NI LUH PUTU EKA ARYANTINI
NRP 9115201306**

**DOSEN PEMBIMBING
Ir. Bobby Oedy P. Soepangkat, M.Sc., Ph.D.**

**PROGRAM MAGISTER
BIDANG KEAHLIAN MANAJEMEN INDUSTRI
DEPARTEMEN MANAJEMEN TEKNOLOGI
FAKULTAS BISNIS DAN MANAJEMEN TEKNOLOGI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2017**

LEMBAR PENGESAHAN

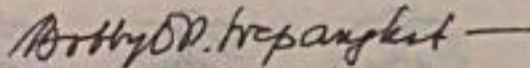
Tesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Magister Manajemen Teknologi (MMT)
di
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

NI LUH PUTU EKA ARYANTINI
NRP. 9115201306

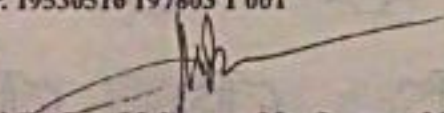
Tanggal Ujian : 14 Juli 2017
Periode Wisuda : September 2017

Disetujui oleh :

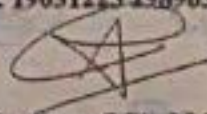


1. **Ir. Bobby Oedy P. Soepangkat, M.Sc., Ph.D.**
NIP. 19530516 197803 1 001

(Pembimbing)


2. **Prof. Dr. Drs. Mohammad Isa Irawan, M.T.**
NIP. 19631225 198903 1 001

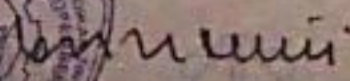
(Penguji)


3. **Dr. Sutikno, S.Si., M.Si.**
NIP. 19710313 199702 1 001

(Penguji)



Dekan Fakultas Bisnis dan Manajemen Teknologi


Prof. Dr. Ir. Udisubakti Ciptomulyono, M. Eng.Sc
NIP. 19590318 1987011001

OPTIMASI JARINGAN AKSES *FIBER TO THE HOME* DENGAN MENGGUNAKAN METODE *MULTIRESPONSE SURFACE* DAN *DESIRABILITY FUNCTION* DI PT. TKM

Nama : Ni Luh Putu Eka Aryantini
NRP : 9115201306
Pembimbing : Ir. Bobby Oedy P. Soepangkat, M.Sc., Ph.D.

ABSTRAK

Teknologi serat optik merupakan teknologi baru yang dapat memberikan solusi untuk memenuhi kebutuhan akan akses internet. Teknologi serat optik tersebut adalah *fiber to the home* (FTTH). Teknologi FTTH memungkinkan penggunaan serat optik secara keseluruhan mulai dari sentral hingga ke pelanggan. Dua *critical-to-quality characteristics* (CTQs) yang cukup penting pada proses transmisi sinyal pada jaringan FTTH adalah *link power budget* (LPB) dan *rise time budget* (RTB). Spesifikasi dari LPB adalah -27 dBm sampai dengan -9 dBm, sedangkan spesifikasi dari RTB adalah 0 ns sampai dengan 1 ns. Hasil dari peta kendali \bar{x} dan R dengan pengaturan saat ini, menunjukkan bahwa proses transmisi sinyal di jaringan FTTH dengan CTQs atau respon LPB dan RTB adalah sudah terkendali. Hasil analisis kemampuan proses pada proses transmisi sinyal dengan CTQs atau respon LPB dan RTB adalah belum memenuhi spesifikasi.

Agar kedua CTQs tersebut dapat memenuhi spesifikasinya, perlu dilakukan penyesuaian terhadap parameter-parameter penting jaringan FTTH, yaitu daya pancar (Dp), panjang gelombang (Pg) dan *attenuation* (At), dengan melakukan optimasi. Pada penelitian ini, perancangan percobaannya menggunakan metode *response surface* dan optimasi menggunakan fungsi *desirability*. Variabel respon yang diamati pada percobaan ini adalah CTQs jaringan FTTH, yaitu LPB dan RTB. Faktor-faktor yang digunakan, yaitu Dp, Pg dan At. Penelitian ini juga menghitung penurunan biaya kerugian antara proses awal dengan proses yang telah dilakukan optimasi. Penurunan biaya kerugian dihitung dengan menggunakan *Taguchi loss function*.

Optimasi menghasilkan nilai LPB sebesar -17,875 dBm dan RTB sebesar 0,4993 ns. Pengaturan level-level dari parameter teknis FTTH yang menghasilkan nilai respon LPB dan RTB yang optimal adalah Dp sebesar 1 dBm, Pg sebesar 1540 nm dan At sebesar 12,2 dB. Penurunan biaya kerugian total adalah sebesar Rp 113.442/SSL atau 86% dari biaya kerugian sebelum dilakukan optimasi.

Kata kunci: *Desirability, link power budget, rise time budget, response surface.*

HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN

OPTIMIZATION OF FIBER TO THE HOME ACCESS USING MULTIRESPONSE SURFACE METHODOLOGY AND DESIRABILITY FUNCTION AT PT. TKM

Student Name : Ni Luh Putu Eka Aryantini
NRP : 9115201306
Supervisor : Ir. Bobby Oedy P. Soepangkat, M.Sc., Ph.D.

ABSTRACT

Fibre optic technology have become one of the foundations of modern society and economic progress. Fibre optic technology also called *fiber to the home* (FTTH), these technologies are home run architecture uses a direct fiber run from the central office to the customer. Two main CTQs in optical transmission process are link power budget (LPB) and rise time budget (RTB). The specification of LPB is 27 dBm to -9 dBm and specification for RTB is 0 ns to 1 ns. The \bar{x} and R control charts by using current setting show the process with CTQs (LPB and RTB) is in control but according to the process capability checks, the process isn't meets some target value.

Based on the result of process capability checks, the process with CTQs of LPB and RTB will meet the specifications by optimizing parameter optical transmission process. In this study, three factors were studied are transmitter power (Dp), wavelength (Pg) and attenuation (At). Respon surface methodology (RSM) was proposed to determine optimal parameter settings of optical transmission process and optimization of the process was realized by using desirability function. LPB and RTB were used to study the response variables. In this study, the parameter process in FTTH which varied, namely, transmitter power (Dp), wavelength (Pg) and attenuation (At). This study also calculate the decrease of loss cost of the process by using *Taguchi loss function*.

Desirability function showed that the optimal conditions were -17,875 dBm for LPB and RTB of 0,4993 ns. At these optimum points the Dp, Pg and At were respectively 1 dBm, 1540 nm and 12,2 dB. The total reducing loss cost of the process was Rp 113.442/SSL or 86% of loss cost before the optimization.

Keywords: *Desirability, link power budget, rise time budget, responce surface.*

HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN

KATA PENGANTAR

Puji syukur dan terima kasih ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa karena atas berkat dan rahmat-Nya, penulis dapat menyelesaikan penelitian tesis ini. Selesaiannya tesis ini tidak terlepas dari bimbingan dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan kali ini penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada:

1. Bapak Ir. Bobby Oedy P. Soepangkat, M.Sc., Ph.D., selaku dosen pembimbing yang dengan dukungan penuh memberikan bimbingan, semangat dan petunjuk yang sangat berharga hingga proposal tesis ini selesai.
2. Bapak Dr. Ir. Mokh. Suef, MSc(Eng), selaku Kepala Departemen.
3. Seluruh Dosen MMT ITS yang telah memberikan banyak ilmu, segenap karyawan/karyawati yang juga turut serta membantu keberlangsungan kegiatan kuliah.
4. Ibu, ayah dan adik yang selalu memberikan dukungan, nasehat dan kasih sayang yang tidak akan pernah bisa digantikan dengan apa pun.
5. Rekan-rekan PT. TKM yang telah membantu dalam proses pengarahan prosedur pengambilan data untuk penelitian ini.
6. Rekan-rekan Manajemen Industri MMT ITS Angkatan 2015, serta semua pihak yang telah membantu penulis dalam penyusunan proposal tesis ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Apabila terdapat kesalahan dan kekurangan, penulis memohon saran dan kritik dari pembaca sehingga menjadi masukan yang bermanfaat untuk penyempurnaan tesis ini. Semoga penelitian ini dapat memberikan manfaat bagi semua pihak.

Surabaya, April 2017

Penulis

HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	6
1.2.1 Batasan Penelitian	6
1.2.2 Asumsi Penelitian	6
1.3 Tujuan Penelitian	7
1.4 Manfaat Penelitian	7
1.5 Sistematika Penulisan	7
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	9
2.1 Serat Optik	9
2.2 <i>Fiber to the home</i> (FTTH)	9
2.3 Parameter Kelayakan Jaringan	12
2.3.1 <i>Link power budget</i> (LPB).....	12
2.3.2 <i>Rise time budget</i> (RTB)	13
2.4 Rancangan Percobaan	14
2.5 Metode <i>response surface</i>	16
2.5.1 <i>Box-Behnken design</i>	17
2.6 Analisis Statistik dan Hasil Percobaan.....	19
2.6.1 Analisis Regresi	19
2.6.2 Pengujian Model Statistik	22
2.7 Optimasi Respon	24
2.8 Percobaan Konfirmasi.....	26
2.9 Pengendalian Proses.....	26
2.10 <i>Taguchi loss function</i>	28
2.11 Posisi Penelitian	28
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	30
3.1 Tahapan Penelitian	31

3.2 Tahap Identifikasi Masalah	33
3.3 Penetapan Rumusan Masalah dan Tujuan Penelitian	34
3.4 Penetapan Respon, Faktor dan Level	34
3.4.1 Respon	34
3.4.2 Faktor.....	34
3.4.3 Level	35
3.5 Rancangan Percobaan.....	35
3.6 Pelaksanaan Percobaan.....	36
3.7 Pengolahan Data, Pemodelan dan Validasi Model.....	37
3.8 Optimasi dengan Fungsi <i>Desirability</i>	37
3.9 Pelaksanaan Percobaan Konfirmasi.....	39
3.10 Analisa Biaya	39
3.11 Pembahasan	39
3.12 Kesimpulan dan Saran	40
BAB 4 HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	41
4.1 Data Hasil Percobaan.....	41
4.2 Pemodelan LPB dan RTB.....	41
4.2.1 Pengujian Kesesuaian Model	44
4.2.2 Pengujian Koefisien Regresi	45
4.2.3 Pengujian Asumsi Residual	48
4.2.4 Penyusunan Model Matematis	51
4.2.5 Plot Permukaan.....	52
4.3 Optimasi Respon	55
4.4 Percobaan Konfirmasi Hasil Optimasi	57
4.4.1 Uji <i>One-Sample T</i> untuk Percobaan Konfirmasi Hasil Optimasi	58
4.5 Perhitungan Biaya Kerugian.....	59
4.6 Pembahasan	61
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	63
5.1 Kesimpulan.....	63
5.2 Saran	63
DAFTAR PUSTAKA	65
DAFTAR LAMPIRAN	67

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Konfigurasi Jaringan FTTH	2
Gambar 2.1 Struktur Dasar Serat Optik	9
Gambar 2.2 Arsitektur FTTH PT. TKM.....	10
Gambar 2.3 <i>Box Behnken</i> untuk tiga faktor	18
Gambar 3.1 Diagram Alir Metodologi Penelitian.....	31
Gambar 4.1 Pengaruh Faktor-Faktor Secara Individu Terhadap LPB.....	42
Gambar 4.2 Pengaruh Faktor-Faktor Secara Individu Terhadap RTB	42
Gambar 4.3 Pengaruh Interaksi Antar Faktor Individu Terhadap LPB	43
Gambar 4.4 Pengaruh Interaksi Antar Faktor Individu Terhadap RTB.....	43
Gambar 4.5 Grafik ACF untuk LPB	48
Gambar 4.6 Grafik ACF untuk RTB.....	49
Gambar 4.7 Plot Residual- <i>Observation Order</i> untuk LPB	49
Gambar 4.8 Plot Residual- <i>Observation Order</i> untuk RTB.....	50
Gambar 4.9 Uji Kenormalan Residual LPB.....	50
Gambar 4.10 Uji Kenormalan Residual RTB	51
Gambar 4.11 <i>Surface</i> Plot LPB	53
Gambar 4.12 <i>Contour</i> Plot LPB.....	53
Gambar 4.13 <i>Surface</i> Plot RTB	54
Gambar 4.14 <i>Contour</i> Plot RTB	54
Gambar 4.15 Grafik <i>Desirability</i>	57
Gambar 4.16 Grafik Penurunan Biaya Kerugian	61

HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbedaan rancangan CCD dan BBD untuk tiga faktor.....	18
Tabel 2.2 ANOVA	20
Tabel 2.3 Rumus <i>Taguchi loss function</i>	28
Tabel 2.4 Posisi Penelitian	29
Tabel 3.1 Penentuan Level Faktor	35
Tabel 3.2 Rancangan Percobaan <i>Box-Behnken</i>	36
Tabel 4.1 Data Hasil Percobaan	41
Tabel 4.2 Nilai Koefisien Determinasi.....	44
Tabel 4.3 Nilai P <i>lack of fit</i>	44
Tabel 4.4 Nilai P Hasil ANOVA	45
Tabel 4.5 Nilai Estimasi Koefisien Regresi untuk LPB.....	46
Tabel 4.6 Nilai Estimasi Koefisien Regresi untuk LPB setelah Menghilangkan Koefisien yang Tidak Signifikan.....	47
Tabel 4.7 Nilai Estimasi Koefisien Regresi untuk RTB	47
Tabel 4.8 Nilai Estimasi Koefisien Regresi untuk RTB setelah Menghilangkan Koefisien yang Tidak Signifikan.....	48
Tabel 4.9 Hasil Percobaan Konfirmasi.....	52
Tabel 4.10 Hasil Uji <i>One Sample T</i>	52
Tabel 4.11 Batasan Optimasi Respon	55
Tabel 4.12 Hasil Optimasi dengan Fungsi <i>Desirability</i>	56
Tabel 4.13 Hasil Uji <i>One-Sample T</i> Percobaan Konfirmasi	58
Tabel 4.14 Perbandingan Analisis Pengendalian Proses	58
Tabel 4.15 Komponen Biaya	59
Tabel 4.16 Hasil Lengkap Penurunan Biaya Kerugian.....	60

HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Data Lengkap Pengukuran Awal	67
Lampiran 2 Peta Lokasi Penelitian	71
Lampiran 3 Uji Individu LPB dan RTB.....	72
Lampiran 4 Hasil <i>Uji One Sample T</i>	78
Lampiran 5 Hasil Optimasi dengan Fungsi <i>Desirability</i>	79
Lampiran 6 Perhitungan Transformasi Nilai Faktor	80
Lampiran 7 Data Hasil Konfirmasi	82
Lampiran 8 Hasil Uji <i>One Sample-T</i> Data Konfirmasi	83
Lampiran 9 Peta kendali X-Bar dan R dari LPB dengan pengaturan optimasi ...	84
Lampiran 10 Jadwal Penelitian	86

HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN

BAB 1

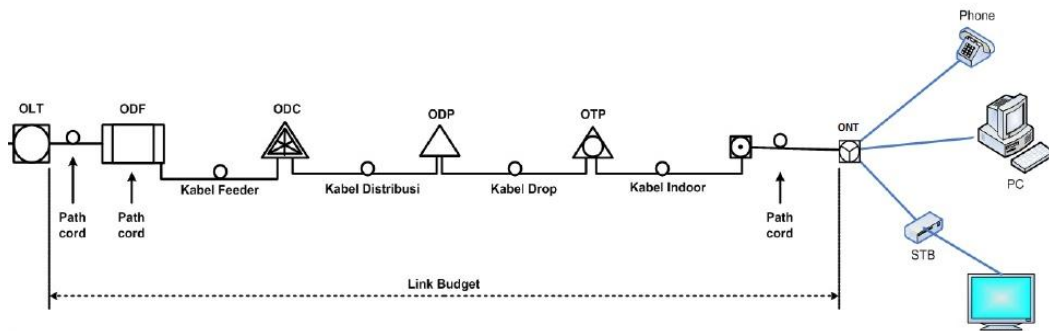
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Seiring era globalisasi yang semakin berkembang, masyarakat dituntut untuk memperoleh informasi baru secara cepat dan akurat. Hal itu berdampak pada kebutuhan masyarakat akan teknologi telekomunikasi yang semakin tinggi. *Markplus Insight* telah melakukan riset pada tahun 2014 tentang Indonesia *Internet User Survey* 2014. Hasilnya menyatakan bahwa penetrasi pengguna internet di Indonesia pada tahun 2014 mencapai 43%, yakni sama dengan 75 juta orang di Indonesia telah menggunakan internet. Kenaikan yang terjadi adalah sebesar 4% dari tahun 2013. Hasil lainnya menyatakan bahwa sebagian besar pengguna internet di Indonesia adalah penduduk berusia 15-35 tahun. Dari hasil survei tersebut, jumlah pengguna internet dipercaya akan naik berlipat ganda pada beberapa tahun ke depan. Hal ini menyebabkan perusahaan telekomunikasi saling berlomba-lomba untuk menawarkan layanan terbaik kepada pelanggan.

Salah satu masalah yang dihadapi oleh pelanggan adalah kebutuhan *bandwidth* yang besar. Layanan akses informasi akan lebih cepat diterima oleh pelanggan jika menggunakan *bandwidth* yang besar. Serat optik merupakan salah satu media transmisi yang dapat menanggulangi masalah tersebut. Serat optik memiliki kapasitas *bandwidth* yang mencapai 50 *gigahertz* (GHz) dan lebih besar daripada kapasitas kabel tembaga maupun radio. Jika dibandingkan dengan kabel tembaga yang dapat mentransmisikan data sampai 1,5 *mega byte per second* (Mbps) untuk jarak dekat (kurang dari 2,5 km), kabel serat optik dapat mentransmisikan data hingga 2,5 *giga byte per second* (Gbps) untuk jarak yang lebih jauh (200 km). Hal ini menunjukkan bahwa dengan jarak 80 kali lebih panjang, kabel serat optik mampu mentransmisikan data lebih dari 1.500 kali kemampuan kabel tembaga. Sistem berbasis optik dapat menghantarkan beragam informasi digital, seperti suara, video, data dan sebagainya secara lebih efektif.

Teknologi serat optik yang memberikan solusi untuk permasalahan *bandwidth* adalah *fiber to the home* (FTTH). Teknologi FTTH memungkinkan penggunaan serat optik secara keseluruhan mulai dari sentral hingga ke pelanggan. Penggunaan serat optik menyebabkan operator telekomunikasi dapat memberikan layanan *broadband* ke pelanggan dengan jangkauan yang semakin luas.



Gambar 1.1 Konfigurasi Jaringan FTTH (Modul 1-*Overview Jaringan FTTx PT. TKM*, 2012).

Gambar 1.1 menunjukkan konfigurasi jaringan FTTH yang dimulai dari sentral *optical line terminal* (OLT), selanjutnya *optical distribution frame* (ODF), *optical distribution cabinet* (ODC), *optical distribution point* (ODP), *optical termination premises* (OTP) dan terakhir adalah *optical network terminal* (ONT). Sistem komunikasi serat optik secara umum dimulai dari pemancar yang berfungsi sebagai sumber pengirim informasi, selanjutnya detektor sebagai penerima informasi dan media transmisi sebagai sarana untuk melewatkannya. Perangkat OLT bertugas untuk mengubah sinyal informasi yang diterima menjadi sinyal cahaya. Media transmisi jaringan FTTH adalah kabel serat optik dengan informasi yang ditransmisikan berupa sinyal cahaya. Pada perangkat detektor atau ONT, sinyal cahaya yang diterima akan diterjemahkan menjadi sinyal informasi.

Teknologi FTTH ini telah digunakan oleh beberapa perusahaan telekomunikasi, salah satunya adalah PT. TKM. Perusahaan ini merupakan penyedia layanan dan jaringan telekomunikasi terbesar di Indonesia. Layanan yang ditawarkan mencakup layanan telekomunikasi telepon kabel, komunikasi

seluler, layanan internet dan komunikasi data. Kepuasan konsumen sangat tergantung kepada kualitas layanan yang diberikan oleh perusahaan.

Untuk waktu yang akan datang, PT. TKM tidak lagi menyediakan pembangunan jaringan baru berbasis tembaga. Hal ini dilakukan agar pengguna jasa PT. TKM dapat menikmati layanan yang berkualitas, yaitu layanan *voice*, data dan video. Layanan ini dimaksimalkan melalui pembangunan jaringan FTTH sampai ke rumah konsumen.

Pada kenyataannya, gangguan layanan di jaringan FTTH masih ditemukan. Hal ini menyebabkan layanan tidak dapat diberikan secara optimal dan menimbulkan keluhan dari konsumen. Jika keluhan tidak ditangani dengan maksimal, dikawatirkan akan menyebabkan turunnya kepercayaan pelanggan dan akan mengurangi *revenue* dari perusahaan. Menurut Fujikura (2001), penyebab konsumen tidak menerima layanan yang optimal disebabkan oleh dua hal, yaitu kegagalan operasional sistem dan terjadinya masalah pada jaringan kabel. Gangguan yang terjadi pada kabel serat optik, memberikan kontribusi lebih dari 60% total gangguan jaringan (Santoso, 2014).

Seperti telah dijelaskan pada Gambar 1.1, proses transmisi sinyal pada kabel serat optik dimulai dari perangkat OLT. Perangkat ini bertugas untuk menerima sinyal informasi dan mengubah sinyal tersebut menjadi sinyal cahaya. Sinyal cahaya tersebut akan merambat melalui inti kabel serat optik yang terbuat dari kaca. Sinyal ini dapat langsung merambat secara lurus atau memantul ke dinding inti. Perangkat ONT yang berada di pelanggan akan menerima sinyal cahaya tersebut dan mengubahnya kembali menjadi sinyal informasi. Dengan menggunakan sinyal cahaya, setiap paket data yang ditransmisikan dari *server* akan lebih cepat diterima oleh perangkat ONT. Hal ini terjadi karena kabel serat optik memiliki kecepatan transfer hingga mencapai satuan Gbps.

Parameter-parameter penting pada proses transmisi sinyal melalui jaringan FTTH adalah daya pancar (D_p), panjang gelombang (P_g) dan *attenuation* (A_t). Parameter-parameter tersebut dapat mempengaruhi *critical-to-quality characteristics* (CTQs) atau karakteristik-karakteristik kualitas yang kritis (KKK) dari jaringan FTTH.

Dua CTQs yang cukup penting dari jaringan FTTH adalah *link power budget* (LPB) dan *rise time budget* (RTB). Pengertian dari kedua KKK tersebut adalah sebagai berikut (*International Telecommunication Union*, 2009):

1. *Link power budget* (LPB) adalah total daya dari *link* serat optik. Spesifikasi nilai LPB yang ditetapkan oleh perusahaan adalah minimal -27 dBm dan maksimal -9 dBm.
2. *Rise time budget* (RTB) adalah total waktu dispersi dari *link* serat optik. Spesifikasi nilai RTB yang ditetapkan oleh perusahaan adalah minimal adalah 0 ns dan maksimal adalah 1 ns.

Peta kendali \bar{x} dan R dari CTQs atau respon LPB dengan menggunakan pengaturan saat ini ditunjukkan pada Lampiran 1. Peta kendali \bar{x} dan R menunjukkan bahwa proses transmisi sinyal dengan CTQs LPB sudah terkendali. Hasil analisis kemampuan proses untuk respon LPB juga ditunjukkan pada Lampiran 1. Nilai C_p adalah sebesar 0,98 dan C_{pk} sebesar 0,59. Hal ini menunjukkan bahwa proses transmisi sinyal dengan CTQs LPB belum memenuhi spesifikasi.

Peta kendali \bar{x} dan R dari CTQs atau respon RTB dengan menggunakan pengaturan saat ini ditunjukkan pada Lampiran 1. Peta kendali \bar{x} dan R menunjukkan bahwa proses transmisi sinyal dengan CTQs RTB sudah terkendali. Hasil analisis kemampuan proses untuk respon RTB juga ditunjukkan pada Lampiran 1. Nilai C_p adalah sebesar 0,91 dan C_{pk} sebesar 0,80. Hal ini menunjukkan bahwa proses transmisi sinyal dengan CTQs RTB belum memenuhi spesifikasi.

Hasil analisis kemampuan proses dari kedua KKK tersebut, yaitu LPB dan RTB belum sesuai dengan spesifikasi yang ditetapkan oleh perusahaan. Agar kedua KKK tersebut dapat memenuhi spesifikasinya, perlu dilakukan penyesuaian terhadap parameter-parameter penting atau faktor-faktor dari jaringan FTTH, diantaranya:

1. Daya pancar (D_p), yaitu parameter yang menentukan besaran *power* yang digunakan di sentral.
2. Panjang gelombang (P_g), yaitu parameter yang menentukan jarak antara dua titik yang berdekatan secara identik dalam gelombang.

3. *Attenuation* (At), yaitu parameter yang menunjukkan pelemahan sinyal yang terjadi selama proses transmisi.

Penyesuaian dari faktor-faktor jaringan FTTH agar kedua KKK tersebut memenuhi spesifikasinya, dapat dilakukan dengan menggunakan optimasi. Beberapa metode optimasi yang dapat digunakan adalah desain faktorial dan *response surface methodology* (RSM). Desain faktorial merupakan salah satu metode *design of experiment* (DOE) yang dapat melihat pengaruh faktor terhadap respon beserta dengan interaksinya. RSM sendiri merupakan metode yang digunakan untuk melakukan analisis hubungan, antara satu atau lebih variabel respon dengan sejumlah variabel proses atau faktor, sehingga dapat memprediksi nilai dari variabel respon tersebut. Selain itu, RSM dapat digunakan untuk menentukan nilai-nilai dari variabel proses yang dapat mengoptimalkan variabel respon (Montgomery, 2009).

Penelitian tentang optimasi respon LPB dan RTB pada jaringan FTTH belum pernah dilakukan, tetapi RSM telah digunakan pada beberapa penelitian. Kung dan Chiang (2008) menggunakan RSM pada penelitiannya untuk memodelkan dan menganalisis kemampuan mesin *wire electrical discharge machining* (WEDM) pada proses pemotongan *oxide-based ceramic*. Tzeng and Yang (2008) mengimplementasikan RSM untuk menentukan parameter yang optimal pada proses bubut pada mesin SKD11. Chuang dkk. (2009) menggunakan RSM untuk menentukan parameter yang optimal pada proses *injection moulding*.

Berdasarkan hal-hal yang telah dijelaskan, maka akan dilakukan penelitian untuk menentukan level-level dari faktor-faktor jaringan FTTH agar dapat memenuhi spesifikasi yang ditetapkan. Karakteristik kualitas dari LPB dan RTB adalah nominal terbaik. Pada penelitian ini, metode *response surface* akan digunakan pada perancangan percobaan untuk optimasi LPB dan RTB, sedangkan untuk optimasinya akan digunakan fungsi *desirability*. Variabel respon yang diamati pada percobaan ini adalah CTQs dari jaringan FTTH, yaitu LPB dan RTB. Faktor-faktor yang divariasikan pada penelitian ini adalah parameter teknis FTTH, yaitu daya pancar (Dp), panjang gelombang (Pg) dan *attenuation* (At). Pada penelitian ini, akan dihitung juga penurunan biaya kerugian yang terjadi setelah dilakukannya optimasi. Perhitungan penurunan biaya kerugian

menggunakan persamaan *Taguchi loss function*. Setelah dilakukan optimasi terhadap parameter teknis dari jaringan FTTH, diharapkan kedua CTQs tersebut dapat sesuai dengan spesifikasi dan dapat mengurangi biaya kerugian yang terjadi. Selain itu, diharapkan PT.TKM dapat menghasilkan kebijakan dan program yang tepat untuk menjaga kualitas dari jaringan FTTH.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang permasalahan, perumusan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Apakah parameter teknis FTTH (daya pancar (D_p), panjang gelombang (P_g) dan *attenuation* (A_t)) mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap LPB dan RTB?
2. Bagaimana pengaturan dari level-level parameter teknis FTTH (daya pancar (D_p), panjang gelombang (P_g) dan *attenuation* (A_t)) yang tepat, sehingga dapat menghasilkan LPB dan RTB yang sesuai dengan spesifikasi?
3. Berapa penurunan biaya kerugian apabila proses transmisi sinyal pada jaringan FTTH menggunakan pengaturan dari hasil optimasi?

I.2.1 Batasan Penelitian

Batasan-batasan yang diberlakukan pada penelitian ini adalah:

1. Ruang lingkup penelitian bertempat di PT. TKM wilayah Surabaya.
2. Penelitian dilakukan pada jaringan FTTH di perumahan DHU Surabaya.
3. Desain eksperimen menggunakan rancangan *Box-Behnken*.

I.2.2 Asumsi Penelitian

Asumsi yang diberlakukan pada penelitian ini adalah:

1. Kondisi perangkat pada jaringan FTTH bekerja dengan sempurna.
2. Kondisi lingkungan di area penelitian adalah konstan.
3. Proses pengukuran LPB dan RTB berjalan tanpa gangguan.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Menentukan pengaruh parameter teknis FTTH (daya pancar (D_p), panjang gelombang (P_g) dan *attenuation* (A_t)) terhadap LPB dan RTB.
2. Menentukan pengaturan level-level dan parameter teknis FTTH (daya pancar (D_p), panjang gelombang (P_g) dan *attenuation* (A_t)) yang tepat, sehingga dapat menghasilkan LPB dan RTB yang sesuai dengan spesifikasi.
4. Menentukan penurunan biaya kerugian apabila proses transmisi sinyal pada jaringan FTTH menggunakan pengaturan dari hasil optimasi.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian thesis ini adalah:

1. Dapat memberikan masukan pada PT. TKM mengenai pengaruh parameter teknis FTTH (daya pancar (D_p), panjang gelombang (P_g) dan *attenuation* (A_t)) terhadap respon LPB dan RTB, sehingga dapat digunakan manajemen untuk memperoleh hasil CTQs yang sesuai dengan spesifikasi.
2. Membantu peningkatan pemasukan perusahaan dengan perhitungan penurunan jumlah biaya kerugian yang terjadi.
3. Sebagai langkah awal bagi PT. TKM untuk meningkatkan kualitas jaringan FTTH dan dapat memberikan nilai tambah, yaitu kualitas jaringan yang optimal kepada konsumen.

1.5 Sistematika Penulisan

Penelitian ini diuraikan dengan sistematika penulisan sebagai berikut:

Bab 1 Pendahuluan

Pada bab ini berisi uraian mengenai latar belakang penelitian, perumusan masalah, tujuan penelitian, batasan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

Bab 2 Tinjauan Pustaka

Pada bab ini berisi literatur yang relevan dengan permasalahan yang diteliti dan dibahas pula hasil-hasil penelitian terdahulu. Bagian kedua

membahas hubungan antar konsep yang menjadi kajian penelitian dan uraian kontribusi penelitian adalah optimasi jaringan FTTH.

Bab 3 Metodologi Penelitian

Pada bab ini dijelaskan langkah-langkah penelitian secara rinci meliputi: tahap identifikasi masalah, penentuan respon, penentuan faktor dan level, penentuan metode desain eksperimen, pelaksanaan percobaan, analisis data dan terakhir adalah tahap penentuan keputusan

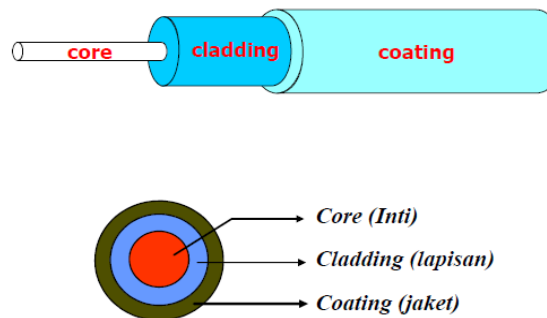
BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Serat Optik

Serat optik adalah kabel yang terbuat dari kaca dan ukurannya lebih kecil dari sehelai rambut. Serat optik dapat digunakan untuk mentransmisikan sinyal cahaya dari suatu tempat ke tempat lain dan berdiameter 120 mikrometer. Serat optik memiliki kecepatan transmisi yang sangat tinggi, sehingga sangat tepat digunakan sebagai saluran komunikasi.

Menurut *International Telecommunication Union* (2009), serat optik secara umum terdiri atas 3 bagian. Bagian pertama adalah inti (*core*) yang terbuat dari kaca dan digunakan sebagai media utama untuk perambatan sinyal cahaya. Bagian kedua adalah *cladding* yang juga terbuat dari kaca dan berfungsi untuk menyelubungi inti. Bagian terakhir adalah *coating* yang terbuat dari plastik dan berfungsi sebagai pelindung dari inti dan *cladding*. Gambar 2.1 menunjukkan struktur dasar serat optik (*International Telecommunication Union*, 2009):

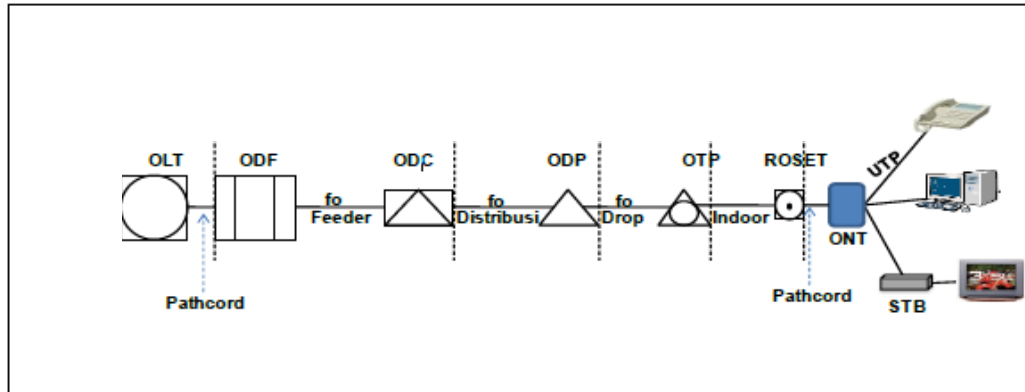


Gambar 2.1 Struktur Dasar Serat Optik

2.2 *Fiber to the home* (FTTH)

FTTH merupakan susunan dari beberapa jaringan kabel serat optik. Penerapan teknologi FTTH dapat mendukung perusahaan, pada penyediaan layanan suara, data dan video. Transmisi informasi menggunakan teknologi FTTH dapat menghemat biaya dari segi instalasi maupun pemeliharaan. Kelebihan dari FTTH adalah pengalokasian *bandwidth* yang jauh lebih besar dari kabel tembaga.

Bandwidth dari jaringan FTTH dapat diatur sesuai dengan kebutuhan dari pelanggan. Gambar 2.2 menunjukkan arsitektur dari jaringan FTTH di PT. TKM.



Gambar 2.2 Arsitektur dari jaringan FTTH PT. TKM

Komponen-komponen dari jaringan FTTH adalah sebagai berikut (Modul *Overview Jaringan FTTx PT. TKM*, 2012):

1. *Optical line terminal (OLT)*

OLT merupakan perangkat utama dari FTTH yang berfungsi sebagai penghubung antara sistem sentral dengan penyedia layanan data, video dan telepon. Selain itu, OLT berfungsi untuk mengubah informasi menjadi sinyal optik.

2. *Optical distribution frame (ODF)*

ODF adalah perangkat dengan struktur mekanik berupa *rack* yang terdiri dari 2 bagian, yaitu bagian yang menuju jaringan (kabel *feeder*) dan bagian yang menuju sentral atau perangkat *metro ethernet*. Fungsi dari ODF adalah sebagai tempat pegangan kabel optik dan elemen *passive* lainnya. ODF dilengkapi dengan *fiber organizer* yang mampu melindungi elemen-elemen di dalamnya. *Fiber organizer* adalah ruang yang berisi kelengkapan dan fitur yang berfungsi untuk manajemen kabel serat optik. Selain itu, ODF dapat digunakan sebagai titik terminasi kabel serat optik *outdoor* dengan kabel fiber optik *indoor*.

3. *Optical distribution cabinet (ODC)*

ODC adalah suatu perangkat pasif yang letaknya berada diluar site (sentral telepon otomatis) STO. Letak ODC dapat di lapangan atau di dalam ruangan. Fungsi dari ODC adalah sebagai berikut:

- a. Sebagai titik terminasi ujung kabel *feeder*.
- b. Sebagai titik distribusi kabel dari kapasitas besar (*feeder*) menjadi beberapa kabel kapasitas lebih kecil (distribusi).
- c. Tempat *splitter* atau tempat untuk membagi sinyal optik menjadi beberapa bagian. Selain itu, *splitter* juga berfungsi untuk merutekan dan mengkombinasikan berbagai sinyal optik. Alat ini sedikitnya terdiri dari 2 *port* hingga 32 *port*.
- d. Tempat penyambungan kabel.

Kapasitas ODC bermacam-macam sesuai dengan kebutuhan, yaitu 96, 144, 288 dan 576 *port*. Perangkat yang terdapat di dalam ODC adalah sebagai berikut:

- a. Konektor, yaitu salah satu perlengkapan kabel serat optik yang berfungsi untuk menghubungkan dua kabel serat optik.
- b. *Splitter*.

4. *Optical distribution point (ODP)*

ODP merupakan perangkat pasif yang letaknya berada diluar dari (sentral telepon otomatis) STO. Letak dari ODP adalah di lapangan atau di dalam ruangan. Fungsi dari ODP adalah sebagai berikut:

- a. Sebagai titik terminasi dari ujung kabel distribusi.
- b. Tempat *splitter*.
- c. Tempat penyambungan.

Kapasitas ODP bermacam-macam sesuai dengan kebutuhan, yaitu 8, 12, 16, 24, dan 48 *port*.

5. *Optical termination premises (OTP)*

OTP merupakan perangkat pasif yang ditempatkan di dalam rumah pelanggan. Fungsi dari OTP adalah sebagai berikut:

- a. Titik terminasi atau titik tambat akhir dari kabel *drop*.

- b. Tempat koneksi kabel *drop* dengan kabel *indoor* optik atau yang dikenal dengan kabel *patchcore*.

6. Optical network terminal (ONT)

ONT berfungsi untuk mengubah sinyal optik menjadi sinyal elektrik atau informasi yang diperlukan oleh konsumen. Perangkat ini terletak di dalam rumah pelanggan sebagai perangkat terakhir di dalam struktur jaringan FTTH.

2.3 Parameter Kelayakan Jaringan

2.3.1 Link power budget (LPB)

Menurut Keiser (1991), *link power budget* adalah total daya dari *link* serat optik. LPB dihitung sebagai syarat agar *link* yang dirancang dapat memenuhi batas ambang dari daya yang disyaratkan. LPB dinyatakan dalam satuan dBm dan perhitungan LPB ditunjukkan dengan persamaan sebagai berikut:

$$LPB = D_p - \alpha_{total} - SM \quad (2.1)$$

$$\alpha_{total} = \alpha_{serat} + N_c \cdot \alpha_c + N_s \cdot \alpha_s + S_p \quad (2.2)$$

Dengan:

$$\alpha_{serat} = \frac{\alpha_\lambda}{L}$$

D_p = daya pancar (dBm)

α_λ = panjang gelombang (nm)

SM = *safety margin* (dB)

α_{total} = redaman total sistem (dB)

α_c = redaman konektor (dB)

α_s = *attenuation* (dB)

α_{serat} = redaman serat optik (dB/Km)

L = panjang serat optik (Km)

N_s = jumlah sambungan

N_c = jumlah konektor

S_p = redaman *splitter* (dB)

Persamaan 2.1 dan 2.2 menunjukkan bahwa terdapat hubungan diantara variabel bebas, yaitu daya pancar, panjang gelombang dan *attenuation*, dengan variabel respon LPB.

2.3.2 Rise time budget (RTB)

Menurut Keiser (1991), *rise time budget* adalah total waktu dispersi atau total waktu transisi dari *link* serat optik. Tujuan dari analisis RTB adalah untuk melihat apakah kerja jaringan FTTH telah tercapai dan mampu memenuhi kapasitas kanal yang diinginkan. RTB dinyatakan dalam satuan ns dan perhitungan RTB ditunjukkan dengan persamaan sebagai berikut:

$$RTB = (t_{tx}^2 + t_{intramodal}^2 + t_{intermodal}^2 + t_{rx}^2)^{1/2} \quad (2.3)$$

Dengan:

$$t_{tx} = \text{rise time transmitter (ns)}$$

$$t_{rx} = \text{rise time receiver (ns)}$$

$$t_{intermodal} = \text{bernilai nol (untuk serat optik single mode)}$$

$$t_{intramodal} = t_{material} + t_{waveguide}$$

$$t_{material} = \Delta\sigma \cdot L \cdot D_m$$

$$D_m = \frac{1}{\frac{\alpha_d}{L} + 10 \log \frac{D_p}{D_t} + \alpha_s}$$

$$t_{waveguide} = \frac{L}{c} [n_2 + n_2 (1 + \frac{u_c^2}{v^2})]$$

$$V = \frac{(2 \cdot \pi \cdot a)}{\lambda} n_1 (2\Delta s)^{1/2}$$

$$\Delta s = \frac{(n_1 - n_2)}{n_1}$$

$$u_c = 2v^{1/2}$$

$$\Delta\sigma = \text{lebar spektral (nm)}$$

$$L = \text{panjang serat optik (Km)}$$

$$\lambda = \text{panjang gelombang (nm)}$$

$$D_p = \text{daya pancar (dBm)}$$

$$D_t = \text{daya terima (dBm)}$$

$$\alpha_s = \text{attenuation (dB)}$$

$$n_1 = \text{indeks bias inti}$$

$$n_2 = \text{indeks bias selubung}$$

$$a = \text{jari-jari inti serat optik}$$

$$c = \text{kecepatan rambat cahaya } 3 \cdot 10^8$$

$$D_m = \text{koefisien dispersi material}$$

V = frekuensi ternormalisasi

u_c = koefisien interaksi daya

b = indeks bias efektif ternormalisasi

Persamaan 2.3 menunjukkan bahwa terdapat hubungan diantara variabel bebas, yaitu daya pancar, panjang gelombang dan *attenuation*, dengan variabel respon RTB.

2.4 Rancangan Percobaan

Desain eksperimen memerlukan tahapan-tahapan penting agar mengarah dan mengena pada hasil yang diharapkan oleh peneliti. Berikut ini adalah langkah-langkah untuk melakukan eksperimen (Montgomery, 2009):

1. Identifikasi Masalah

Penelitian dilakukan untuk menjawab pertanyaan yang belum dapat dijawab oleh seorang peneliti. Untuk melihat dengan jelas tujuan dan sasaran penelitian, maka perlu dilakukan identifikasi masalah sebagai langkah awal dari penelitian.

2. Penentuan Respon

Respon merupakan variabel tidak bebas yang dipengaruhi oleh faktor. Respon yang dihasilkan pada suatu percobaan dapat berbentuk diskrit atau kontinyu. Pada penelitian ini, variabel respon yang digunakan adalah berbentuk kontinyu.

3. Penentuan Faktor dan Level

Pada tahapan ini, akan dilakukan penentuan faktor dan level agar tidak menyimpang jauh dari hasil yang diharapkan. Faktor adalah variabel bebas pada percobaan yang bersifat kuantitatif, sedangkan level adalah nilai yang ditentukan dari sebuah faktor.

4. Penentuan Metode Desain Eksperimen

Metode desain eksperimen harus disesuaikan dengan tujuan penelitian dan permasalahan yang ada. Beberapa metode desain eksperimen antara lain desain faktorial dan RSM. Metode desain eksperimen yang digunakan pada penelitian ini adalah RSM.

5. Pelaksanaan Percobaan

Selama pelaksanaan percobaan, proses harus diamati dengan cermat. Ini dilakukan agar eksperimen dapat berjalan sesuai dengan rencana. Sebelum melakukan percobaan, terlebih dahulu dibuat rancangannya. Rancangan percobaan adalah tata cara penerapan tindakan-tindakan yang menjadi dasar dari sebuah percobaan (Hanafiah, 2003). Terdapat beberapa istilah pelaksanaan eksperimen, diantaranya:

- Unit analisis, yaitu unit dasar dimana ukuran respon dikumpulkan. Unit analisis berkaitan dengan sesuatu yang dikenai oleh perlakuan tunggal ataupun perlakuan gabungan.
- Satuan amatan, yaitu bagian atau subjek pengamatan dari unit percobaan tempat dimana respons perlakuan diukur.
- Rancangan lingkungan, yaitu pengaturan pemberian perlakuan kepada satuan-satuan percobaan. Hal ini dilakukan agar keragaman respon yang ditimbulkan oleh keadaan lingkungan dan keheterogenan bahan percobaan yang digunakan, dapat diwadahi dan disingkirkan. Rancangan lingkungan juga berkaitan dengan bagaimana perlakuan-perlakuan tersebut ditempatkan pada unit-unit percobaan.
- Rancangan respon, yaitu rancangan yang berkaitan dengan penentuan sifat atau karakteristik satuan percobaan yang akan digunakan untuk menilai atau mengukur pengaruh perlakuan. Rancangan respon juga menunjukkan bagaimana cara penilaian atau pengukuran respon.

6. Analisis Data

Analisis data merupakan dasar yang digunakan dalam pembuatan suatu keputusan. Analisis data pada desain eksperimen dilakukan sesuai dengan metode yang digunakan. Pada penelitian ini, analisis data yang digunakan adalah analisis regresi dan pengujian model.

7. Penentuan Suatu Keputusan

Setelah melakukan analisis data, tahapan terakhir adalah membuat suatu keputusan berdasarkan hasil dari eksperimen yang telah dilakukan.

Secara umum, terdapat dua prinsip pada pelaksanaan desain eksperimen menurut Montgomery (2009), yaitu penentuan jumlah replikasi dan randomisasi pelaksanaan eksperimen. Replikasi adalah pengulangan kembali perlakuan yang sama pada kondisi yang sama pada sebuah percobaan. Hal ini dilakukan untuk mendapatkan ketelitian yang lebih tinggi, mengurangi tingkat kesalahan dan memperoleh harga taksiran dari kesalahan.

Pengaruh faktor-faktor lain yang tidak diinginkan atau tidak dapat dikendalikan, selalu ada pada sebuah eksperimen. Pengaruh tersebut dapat diperkecil dengan menyebarkan variabel-variabel tersebut melalui randomisasi (pengacakan) urutan percobaan. Randomisasi dilakukan dengan tujuan sebagai berikut:

- Menyebarkan pengaruh dari variabel-variabel yang tidak dikendalikan pada semua unit eksperimen.
- Memberikan kesempatan yang sama pada semua unit eksperimen untuk menerima suatu perlakuan, sehingga ada kehomogenan pengaruh dari setiap perlakuan yang sama.
- Mendapatkan hasil eksperimen yang bebas satu sama lain.

Jika replikasi bertujuan untuk memungkinkan dilakukannya uji signifikansi, maka randomisasi bertujuan untuk memberikan validasi terhadap uji signifikansi tersebut dengan menghilangkan sifat bias.

2.5 Response surface methodology (RSM)

RSM adalah sekumpulan teknik matematika dan statistika yang berguna untuk menganalisis permasalahan tentang variabel bebas atau variabel proses yang mempengaruhi variabel tak bebas atau respon. Tujuan RSM adalah untuk mengoptimalkan variabel respon dan mendapatkan hasil optimum secara tepat dan efisien (Montgomery, 2009). Pada analisis permukaan respon, perhitungan diperluas dengan menerapkan teknik-teknik matematika. Teknik matematika ini digunakan untuk menentukan titik-titik optimum agar dapat menentukan nilai variabel yang optimum.

Pada RSM, variabel bebas didefinisikan sebagai X_1, X_2, \dots, X_k dan diasumsikan sebagai variabel kontinyu, sedangkan variabel respon didefinisikan

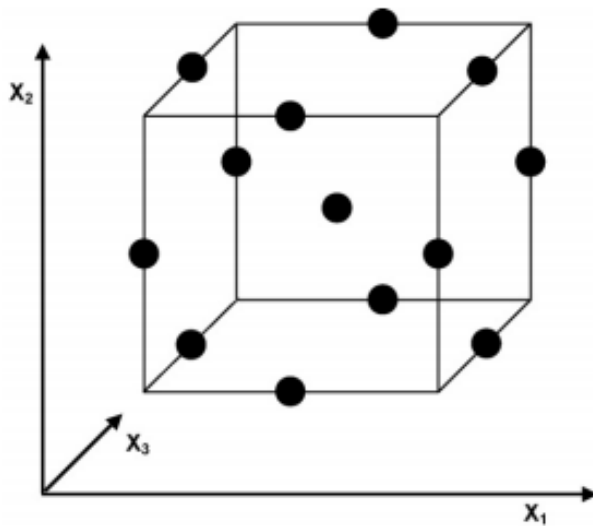
sebagai variabel tak bebas Y (Montgomery, 2009). Menurut Wu dan Hamada (2000), rancangan percobaan yang umum digunakan adalah *central composite design* (CCD) dan *Box-Behnken Design* (BBD). Rancangan percobaan pada penelitian ini menggunakan metode BBD.

2.5.1 *Box-Behnken Design*

BBD dikembangkan oleh *Box* dan *Behnken* untuk percobaan orde dua. BBD yang berbentuk bola ini efektif untuk proses optimasi dimana seluruh titik terluar memiliki jarak yang sama terhadap titik pusat, yaitu sebesar $\sqrt{2}$. Oleh karena itu, BBD tidak mengenal titik faktorial dan titik permukaan. Pengulangan sebanyak tiga atau empat kali perlu dilakukan pada titik pusat untuk menghitung *lack of fit* (Myers dkk., 2009).

Salah satu perbedaan BBD dengan CCD adalah pada BBD tidak ada *axial/star runs* pada rancangannya. Tidak adanya *axial/star runs* ini menyebabkan BBD lebih efisien dalam rancangan, karena melibatkan lebih sedikit unit percobaan. Pada CCD, jumlah percobaan 3 faktor adalah $14+N_c$, sedangkan pada BBD hanya $12+N_c$. N_c merupakan notasi dari *number of centre point* dimana merupakan kombinasi pada level 0-0-0. Hal ini menunjukkan bahwa BBD lebih ekonomis terutama dalam percobaan yang membutuhkan biaya tinggi (Myers, 2009). Jumlah percobaan untuk BBD hanya memerlukan tiga level di setiap faktornya, sedangkan CCD memerlukan lima level (Box dan Draper, 1987).

BBD dibentuk berdasarkan kombinasi rancangan 2^k dengan *incomplete block design* dan dengan menambahkan *center run* pada rancangannya (Montgomery, 2009). Gambar 2.3 menunjukkan visual untuk rancangan *box-behnken* untuk tiga faktor (Montgomery, 2009).



Gambar 2.3 *Box-Behnken* untuk tiga faktor

Tabel 2.1 menunjukkan perbedaan titik perlakuan antara CCD dan BBD dengan menggunakan tiga faktor. Perbedaan tersebut diantaranya adalah dari segi titik perlakuan dan jumlah perlakuan yang diberikan.

Tabel 2.1. Perbedaan rancangan percobaan CCD dengan BBD untuk tiga faktor

CCD				BBD			
Jumlah Ulangan	X_1	X_2	X_3	Jumlah Ulangan	X_1	X_2	X_3
1	-1	-1	-1	1	-1	-1	0
1	+1	-1	-1	1	+1	-1	0
1	-1	+1	-1	1	-1	+1	0
1	+1	+1	-1	1	+1	+1	0
1	-1	-1	+1	1	-1	0	-1
1	+1	-1	+1	1	+1	0	-1
1	-1	+1	+1	1	-1	0	+1
1	+1	+1	+1	1	+1	0	+1
1	-1.682	0	0	1	0	-1	-1
1	1.682	0	0	1	0	+1	-1
1	0	-1.682	0	1	0	-1	+1
1	0	1.682	0	1	0	+1	+1
1	0	0	-1.682	3	0	0	0
1	0	0	1.682				
6	0	0	0				
TOTAL = 20				TOTAL = 15			

Rancangan BBD hanya dapat diterapkan pada percobaan yang memiliki minimal 3 faktor, dengan elemen penyusunnya adalah sebagai berikut:

- Rancangan 2^k faktorial *incomplete block design*, dimana k adalah banyaknya faktor, yaitu percobaan pada titik $(0, \pm 1, \dots, \pm 1)$, $(\pm 1, 0, \dots, \pm 1)$, $(\pm 1, \pm 1, \dots, 0)$.
- Center runs* (n_c), yaitu percobaan pada titik pusat $(0, 0, \dots, 0)$, dimana jumlah *center runs* minimal 3 untuk berbagai jumlah faktor k.

Untuk mengubah variabel bebas kedalam level pengkodean faktor, dilakukan transformasi dengan menggunakan persamaan 2.4 berikut (Wu dan Hamada, 2000).

$$x_i = \frac{x_{real} - \left(\frac{x_{max} + x_{min}}{2} \right)}{\frac{x_{max} - x_{min}}{2}} \quad (2.4)$$

Dengan:

x_i = nilai koding dari variabel proses ke-i

x_{real} = nilai level yang ditransformasi dari variabel proses ke-i

x_{max} = nilai maksimum level variabel proses ke-i

x_{min} = nilai minimum level variabel proses ke-i

2.6 Analisis Statistik dan Hasil Percobaan

Menurut Sugiono (2013), pengolahan hasil percobaan dengan statistik diperlukan agar hasil percobaan dapat disajikan dengan data, sehingga hasil dari percobaan lebih komunikatif. Penelitian ini akan menggunakan perangkat lunak komputer untuk membantu menganalisis hasil percobaan. Perangkat lunak Minitab versi 16 merupakan alat bantu perhitungan analisis statistika di bidang teknik terutama pada perancangan percobaan.

2.6.1 Analisis Regresi

Tahap pertama pada RSM adalah mencari fungsi hubungan antara variabel respon dan variabel proses yang tepat dengan menggunakan analisis regresi. Secara umum, bentuk persamaan regresi orde pertama dinyatakan sebagai berikut (Montgomery, 2009):

$$y = \beta_0 + \sum_{i=1}^k \beta_i x_i + \varepsilon \quad (2.5)$$

Dengan:

y = respon atau variabel tidak bebas

β_0 = titik potong kurva terhadap sumbu y (*intercept*)

β_i = koefisien regresi dari x_i

x_i = variabel bebas ke i (faktor)

ε = *error*

Nilai taksiran dihitung dengan menggunakan persamaan 2.6 berikut:

$$\hat{y} = b_0 + \sum_{i=1}^k b_i x_i \quad (2.6)$$

Dengan:

\hat{y} = nilai taksiran respon

b_0 = titik potong kurva terhadap sumbu y (*intercept*)

b_i = koefisien regresi dari x_i

x_i = variabel bebas ke i (faktor)

Salah satu teknik yang digunakan untuk menganalisis dampak faktor terhadap suatu respon adalah *analysis of variance* (ANOVA) yang merupakan teknik analisis secara kuantitatif. ANOVA juga digunakan untuk mengestimasi kontribusi pengaruh dari setiap variabel proses terhadap variabel respon. Rumus perhitungan ANOVA ditampilkan pada Tabel 2.2 berikut:

Tabel 2.2. ANOVA

Sumber Variasi	Derajat Kebebasan (df)	Jumlah Kuadrat (SS)	Rata-rata Kuadrat (MS)	F
Regresi	k	$SS_R = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n (\hat{y}_{ij} - \bar{y})^2$	$MS_R = \frac{SS_R}{df_R}$	$\frac{MS_R}{MS_E}$
<i>Residual Error</i>	$n - k - 1$	$SS_E = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n (y_{ij} - \hat{y}_i)^2$	$MS_E = \frac{SS_E}{df_E}$	-
<i>Lack of Fit</i>	$k - p$	$SS_L = SSE + SSP_E$	$MS_L = \frac{SS_L}{df_L}$	$\frac{MS_L}{MS_{PE}}$
<i>Pure Error</i>	$\sum_{i=1}^m (n_i - 1)$	$SS_{PE} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n (y_{ij} - \bar{y}_i)^2$	$MS_{PE} = \frac{SS_{PE}}{df_{PE}}$	-
Total	$n - 1$	$SS_T = SS_R + SS_E$	-	-

Sumber: Montgomery, 2009

Dengan:

m, n = jumlah level pada x_i , jumlah percobaan

p = jumlah faktor

k = jumlah variabel bebas

\bar{y} = rata-rata keseluruhan respon

\hat{y}_i = nilai taksiran respon pada level variabel proses ke i

y_{ij} = nilai respon pada level variabel proses ke i dan percobaan j

\bar{y}_i = nilai rata-rata respon dari n_i pengamatan pada x_i

Persamaan untuk model orde kedua ditunjukkan oleh persamaan 2.7, sedangkan persamaan 2.8 digunakan untuk menghitung nilai taksiran pada orde dua (Montgomery, 2009).

$$y = \beta_0 + \sum_{i=1}^k \beta_i x_i + \sum_{i=1}^k \beta_{ii} x_i^2 + \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{k+1} \beta_{ij} x_i x_j + \varepsilon \quad (2.7)$$

Dengan:

y = respon atau variabel tidak bebas

β_0 = titik potong kurva terhadap sumbu y (*intercept*)

β_i = koefisien regresi dari x_i

β_{ii} = koefisien regresi dari x_i^2

β_{ij} = koefisien regresi dari interaksi antara x_i dan x_{ij}

x_i = variabel bebas ke i (faktor)

ε = *error*

$$\hat{y} = b_0 + \sum_{i=1}^k b_i x_i + \sum_{i=1}^k b_{ii} x_i^2 + \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{k+1} b_{ij} x_i x_j \quad (2.8)$$

Dengan:

\hat{y} = nilai taksiran respon

b_0 = titik potong kurva terhadap sumbu y (*intercept*)

b_i = koefisien regresi dari x_i

b_{ii} = koefisien regresi dari x_i^2

b_{ij} = koefisien regresi dari interaksi antara x_i dan x_{ij}

x_i = variabel bebas ke i (faktor)

2.6.2 Pengujian Model Statistik

Beberapa pengujian model statistik yang digunakan adalah:

1. Pengujian Kesesuaian Model

Kecukupan dari suatu model dapat dilihat dari nilai koefisien determinasi dan uji *lack of fit* dari persamaan regresi. Koefisien determinasi (R^2) menunjukkan besarnya variasi dari respon, yang dapat dijelaskan oleh suatu persamaan regresi. Koefisien determinasi dapat dihitung menggunakan persamaan 2.9, dengan nilai yang diharapkan berada pada rentang 0 sampai 1. Menurut Myers dkk. (2009), semakin besar nilainya akan semakin besar pengaruh faktor terhadap respon.

$$R^2 = 1 - \frac{SS_E}{SS_T} = \frac{SS_R}{SS_T} \quad (2.9)$$

Pengujian nilai F dilakukan dengan menggunakan uji simpangan model (*lack of fit*) yang menggunakan hipotesis:

H_0 : Tidak ada *lack of fit*

H_1 : Ada *lack of fit*

Lack of fit adalah penyimpangan atau ketidaktepatan terhadap model linier. Pengujian *lack of fit* ini diperlukan bila terdapat pengamatan berulang, yaitu satu nilai prediktor atau satu kombinasi nilai prediktor (bila digunakan beberapa prediktor) yang berpasangan dengan beberapa nilai respon. Uji statistik yang digunakan adalah:

$$F_{\text{rasio}} = \frac{MS_L}{MS_{PE}} \quad (2.10)$$

Hipotesa nol (H_0) ditolak jika hasil nilai F_{rasio} lebih besar dari $F_{(\alpha, m-p, n-m)}$, dimana α adalah level signifikansi, m adalah jumlah level dari variabel proses, n adalah jumlah percobaan dan p adalah derajat kebebasan. Hipotesa nol (H_0) juga ditolak jika p_{value} kurang dari α (Iriawan dan Astuti, 2006).

2. Pengujian Koefisien Regresi

Pengujian regresi dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu secara individu ataupun serentak (Montgomery, 2009).

a. Uji Secara Individu

Pengujian secara individu dapat digunakan untuk melihat pengaruh masing-masing faktor terhadap perubahan nilai respon pada suatu model.

Hipotesis yang digunakan adalah:

$$H_0 : \beta_i = 0$$

$$H_1 : \beta_i \neq 0$$

Hipotesa nol (H_0) ditolak jika $|t_0| > t_{\alpha/2, n-k-1}$ atau p_{value} kurang dari α . H_0 ditolak maka artinya adalah tiap faktor memiliki pengaruh yang signifikan terhadap respon. Terdapat persamaan yang digunakan untuk menghitung nilai t dan $se(b_i)$ adalah melalui persamaan 2.11 dan 2.12.

$$t_0 = \frac{b_i}{se(b_i)} \quad (2.11)$$

$$se(b_i) = \sqrt{\hat{\sigma}^2 C_{ii}} \quad (2.12)$$

dengan C_{ii} adalah elemen diagonal dari $(X'X)^{-1}$ yang terkait dengan b_i (Montgomery, 2009). $(X'X)^{-1}$ adalah invers dari matriks $X'X$ dan b_i adalah koefisien regresi atau taksiran dari β_i .

b. Uji Secara Serentak

Pengujian secara serentak digunakan untuk melihat seberapa signifikan pengaruh terhadap respon pada suatu persamaan.

Hipotesis yang digunakan adalah:

$$H_0 : \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_k = 0$$

$$H_1 : \text{minimal ada satu } \beta_i \neq 0; i = 1, \dots, k$$

Statistik uji yang digunakan adalah:

$$F_0 = \frac{MS_R}{MS_E} \quad (2.13)$$

H_0 akan ditolak apabila F_0 lebih besar dari $F_{\alpha, k, n-k-1}$, dimana α adalah level signifikansi, k adalah jumlah variabel bebas sedangkan n adalah jumlah percobaan. H_0 juga akan ditolak jika p_{value} kurang dari α . Dengan kata lain, jika H_0 ditolak maka secara statistik variabel-variabel bebas memberikan pengaruh yang signifikan terhadap respon (Montgomery, 2009).

3. Pengujian Asumsi Residual

Residual (ϵ) adalah perbedaan nilai diantara respon hasil percobaan dengan respon taksiran, dimana dirumuskan dengan menggunakan persamaan $\epsilon_i = y_i - \hat{y}_i$. Residual diasumsikan bersifat independen, identik, memiliki *mean* 0

dan variansi tertentu, serta berdistribusi normal (Iriawan dan Astuti, 2006). Terdapat tiga pengujian untuk asumsi residual, yaitu:

a. Uji Independen

Pengujian independen digunakan untuk dapat memberikan jaminan bahwa tidak ada hubungan antar pengamatan. Pengujian independen dilakukan dengan menggunakan plot *auto correlation function* (ACF). Residual dikatakan independen bila nilai korelasinya berada pada interval $\pm \frac{2}{\sqrt{n}}$.

b. Uji Identik

Pengujian identik dilakukan untuk melihat apakah residual memenuhi asumsi identik. Residual dikatakan identik apabila plot residualnya menyebar secara acak dan tidak membentuk suatu pola tertentu.

c. Uji Distribusi Normal

Pengujian distribusi normal dilakukan untuk melihat apakah residual memenuhi asumsi berdistribusi normal atau tidak dan apakah residual memiliki *mean* 0 serta variansi tertentu. Uji kenormalan dilakukan dengan menggunakan uji *Kolmogorov Smirnov* dan $\alpha = 0,05$. Hipotesis yang digunakan adalah sebagai berikut:

H_0 : Residual berdistribusi normal

H_1 : Residual tidak berdistribusi normal

H_0 gagal ditolak apabila nilai p_{value} lebih besar dari α .

2.7 Optimasi Respon

Optimasi respon akan memberikan kondisi optimal untuk kombinasi variabel *input* dan grafik optimasi. Perangkat lunak Minitab dapat membantu untuk mengubah pengaturan variabel *input* pada gambar secara interaktif untuk mendapatkan solusi yang diinginkan (Derringer dan Suich, 1980).

Pendekatan yang lebih sering digunakan dalam dunia industri untuk masalah optimasi adalah pendekatan fungsi *desirability*. Optimasi akan dilakukan dengan mentransformasi masing-masing respon \hat{y} , kepada nilai yang diinginkan dan dinotasikan dengan d (*desirability*) dimana $0 \leq d_i \leq 1$. Derringer dan Suich (1980) mengemukakan bahwa pendekatan fungsi *desirability* juga dapat

melakukan optimasi multirespon secara serempak. Teknik optimasi ini memakai istilah-istilah, yaitu *target* (T), *upper* (U), *lower* (L) dan bobot (r).

Menurut Montgomery (2009), terdapat tiga tujuan yang dapat dipilih untuk mendapatkan *individual desirability* (d_i), yaitu:

- a. ***Smaller-the-better***, yang mengharapkan nilai respon yang paling kecil sebagai solusi permasalahan dengan definisi d_i sebagai berikut:

$$\begin{aligned} d_i &= 1 & \hat{y}_i < T_i \\ d_i &= \left(\frac{U_i - \hat{y}_i}{U_i - T_i} \right)^{\alpha_i} & T_i \leq \hat{y}_i \leq U_i \\ d_i &= 0 & \hat{y}_i > U_i \end{aligned} \quad (2.14)$$

- b. ***Larger-the-better***, yang mengharapkan nilai respon yang paling besar sebagai solusi permasalahan dengan definisi d_i sebagai berikut:

$$\begin{aligned} d_i &= 0 & \hat{y}_i < L_i \\ d_i &= \left(\frac{\hat{y}_i - L_i}{T_i - L_i} \right)^{\alpha_i} & L_i \leq \hat{y}_i \leq T_i \\ d_i &= 1 & \hat{y}_i > T_i \end{aligned} \quad (2.15)$$

- c. ***Nominal-the-best***, yang mengharapkan nilai respon berada di target (T_i) antara L_i dan U_i dengan definisi d_i sebagai berikut:

$$\begin{aligned} d_i &= 0 & \hat{y}_i < L_i \\ d_i &= \left(\frac{\hat{y}_i - L_i}{T_i - L_i} \right)^{\alpha_i} & L_i \leq \hat{y}_i \leq T_i \\ d_i &= \left(\frac{U_i - \hat{y}_i}{U_i - T_i} \right)^{\alpha_i} & T_i \leq \hat{y}_i \leq U_i \\ d_i &= 0 & \hat{y}_i < L_i \text{ atau } \hat{y}_i > U_i \end{aligned} \quad (2.16)$$

Secara umum persamaan dari fungsi *desirability* adalah (Montgomery, 2009):

$$D = (d_1 \times d_2 \times \dots \times d_m)^{1/m}$$

Dengan:

D = *desirability total*

d_i = fungsi *desirability* individu pada tiap y_i

m = jumlah respon

2.8 Percobaan Konfirmasi

Setelah didapatkan nilai respon yang paling optimal, dilakukanlah percobaan konfirmasi dengan menggunakan seting yang menghasilkan respon optimal. Hal ini dilakukan untuk memvalidasi hasil dari optimasi (Ross, 1996). Data hasil percobaan konfirmasi akan dibandingkan dengan nilai taksiran dengan menggunakan uji *one-sample t*. Hipotesis yang digunakan adalah:

$$H_0 : \mu = \mu_0$$

$$H_1 : \mu \neq \mu_0$$

Statistik ujinya adalah:

$$t_0 = \frac{\bar{x} - \mu_0}{s/\sqrt{n}} \quad (2.17)$$

dengan derajat bebas: $n - 1$

H_0 ditolak apabila $|t_0|$ lebih besar dari $t_{\alpha/2, n-1}$. Dengan kata lain, terdapat perbedaan antara nilai taksiran dengan data hasil percobaan konfirmasi.

2.9 Pengendalian Proses

Pengendalian proses secara statistik dilakukan melalui metode peta kendali dan analisis kemampuan proses (Kolarik, 1995). Pada pengendalian proses secara statistika dikenal dua jenis data (Gasperz, 1998), yaitu:

1. Data Atribut

Data atribut merupakan data kualitatif yang dapat dihitung untuk pencatatan dan analisis. Data atribut bersifat diskrit. Jika suatu catatan hanya merupakan suatu ringkasan atau klasifikasi yang berkaitan dengan sekumpulan persyaratan yang telah ditetapkan, maka catatan itu disebut sebagai “atribut.”

2. Data Variabel

Data variabel merupakan data yang kuantitatif yang diukur menggunakan alat pengukuran tertentu, dimana data variabel digunakan untuk keperluan pencatatan dan analisis. Jika suatu catatan dibuat berdasarkan keadaan aktual, diukur secara langsung, maka catatan itu disebut sebagai “variabel.”

Pada penelitian ini, data yang digunakan adalah data variabel. Pada umumnya, peta kendali yang digunakan untuk kelompok data variabel adalah peta kendali \bar{x} dan R. Pada dasarnya setiap peta kendali memiliki garis tengah atau

central line (CL), batas kontrol atas atau *upper control limit* (UCL) dan batas kontrol bawah atau *lower control limit* (LCL). Bila terjadi penyimpangan batas LCL dan UCL, maka perlu ditemukan penyebabnya dan dihilangkan pada perhitungan, sehingga mendapatkan batas-batas kendali yang baru. Menurut Kolarik (1995), perhitungan UCL dan LCL untuk peta kendali \bar{x} dan R dilakukan berdasarkan pada persamaan berikut:

$$UCL_x = \bar{\bar{X}} + 3\sigma_x = \bar{\bar{X}} + \frac{3\bar{R}}{d_2\sqrt{n}} = \bar{\bar{X}} + A_2\bar{R} \quad (2.18)$$

$$LCL_x = \bar{\bar{X}} - 3\sigma_x = \bar{\bar{X}} - \frac{3\bar{R}}{d_2\sqrt{n}} = \bar{\bar{X}} - A_2\bar{R} \quad (2.19)$$

$$UCL_R = \bar{R} + 3\sigma_R = D_4\bar{R} \quad (2.20)$$

$$LCL_R = \bar{R} - 3\sigma_R = D_3\bar{R} \quad (2.21)$$

Dengan:

$\bar{\bar{X}}$ = rata-rata dari rata-rata kelompok

\bar{R} = rata-rata dari selisih nilai maksimal dan minimal dalam kelompok

σ = deviasi standar

Analisis kemampuan proses dinyatakan dalam indeks kemampuan proses atau *process capability index* (C_p), yang membandingkan rentang spesifikasi produk terhadap kemampuan proses. Analisis kemampuan proses dilakukan untuk melihat tingkat kepresisian dan tingkat keakurasian dari suatu proses. Terdapat asumsi pada saat melakukan analisis kemampuan proses, yaitu proses dilakukan pada kondisi terkendali dan kemampuan proses memiliki nilai sebesar 6σ . C_p menunjukkan tingkat kepresisian dari suatu proses, sedangkan C_{pk} menyatakan tingkat keakurasian dari suatu proses. Persamaan 2.22 dan 2.23 menunjukkan perhitungan untuk C_p dan C_{pk} (Kolarik, 1995).

$$C_p = \frac{USL - LSL}{6\sigma} \quad (2.22)$$

$$C_{pk} = \min\left(\frac{USL - \bar{X}}{3\sigma}, \frac{\bar{X} - LSL}{3\sigma}\right) \quad (2.23)$$

Dengan:

USL = batas spesifikasi atas

LSL = batas spesifikasi bawah

σ = deviasi standar

2.10 Taguchi Loss Function

Tujuan dari *quality loss function* adalah mengevaluasi kerugian kualitas secara kuantitatif yang disebabkan adanya variansi. Distribusi hasil pengukuran CTQs diharapkan dapat mempersempit variasi dan mendekati target spesifikasi. Menurut Ross (1996), biaya kerugian yang ditimbulkan oleh ketidaksesuaian kualitas produk terhadap spesifikasi produk meliputi kerugian dalam proses dan kerugian usia pakai. Secara matematis, *Taguchi loss function* merumuskan hubungan antara kualitas dengan biaya kerugian sesuai dengan yang ditunjukkan pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Rumus *Taguchi loss function*

Karakteristik Kualitas	Kerugian pada tiap produk	Kerugian rata-rata per produk dalam distribusi
<i>Higher-is-better</i>	$L = k(1/y^2)$	$L = k(\frac{1}{\bar{y}^2}) [1 + \frac{3s^2}{\bar{y}^2}]$
<i>Nominal-is-best</i>	$L = k(y - m)^2$	$L = k [s^2 + (\bar{y} - m)^2]$
<i>Lower-is-better</i>	$L = k(y^2)$	$L = k [s^2 + (\bar{y})^2]$

Sumber: Ross, 1996

Dengan:

L = kerugian

m = nilai nominal (target)

k = konstanta yang nilainya ditentukan berdasarkan biaya pada batas spesifikasi dan lebar spesifikasi

y = pengukuran karakter kualitas aktual

s^2 = variasi

\bar{y} = nilai rata-rata y dalam kelompok

$(\bar{y} - m)$ = selisih rata-rata kelompok terhadap target

Nilai k diperoleh dari biaya perbaikan (A_0) dibagi dengan signifikansi spesifikasi (Δ_0) kuadrat, seperti ditunjukkan pada persamaan 2.26 (Yang dan El-Haik, 2003).

$$k = \frac{A_0}{\Delta_0^2} \quad (2.24)$$

2.11 Posisi Penelitian

Posisi penelitian adalah perbandingan antara suatu penelitian dengan penelitian sejenis yang telah ada sebelumnya. Posisi ini bertujuan untuk mengevaluasi dan membandingkan penelitian-penelitian yang sudah dilakukan. Tabel posisi penelitian dapat dilihat pada Tabel 2.4 berikut:

Tabel 2.4 Posisi Penelitian

No	Peneliti	Judul Penelitian	Metode	Proses	Tahun
1	Tejo	Optimasi Kinerja BTS pada Jaringan Radio Seluler Dengan Metode <i>Multiple Responce</i> di PT. Indosat	<i>Multiple Response</i>	Jaringan Radio Seluler	2007
2	Sukram	Optimasi Perbedaan Warna dan Kilap Cat Bubuk Menggunakan Metode Permukaan Respon	Permukaan Respon	Cat bubuk	2016
3	Saputra	Optimasi Multirespon Dengan Menggunakan Metode <i>Response Surface</i> dan <i>Desirability Function</i> Pada Proses Pres Keramik Untuk Mengurangi Biaya Kerugian	<i>Response Surface</i>	Badan Ubin Keramik	2016
4	Aryantini	Optimasi Jaringan Akas <i>Fiber To The Home</i> Dengan Metode <i>Multiresponse Surface</i> dan <i>Desirability Function</i> di PT. TKM	<i>Multi Response Surface</i>	Jaringan <i>Fiber To The Home</i>	2017

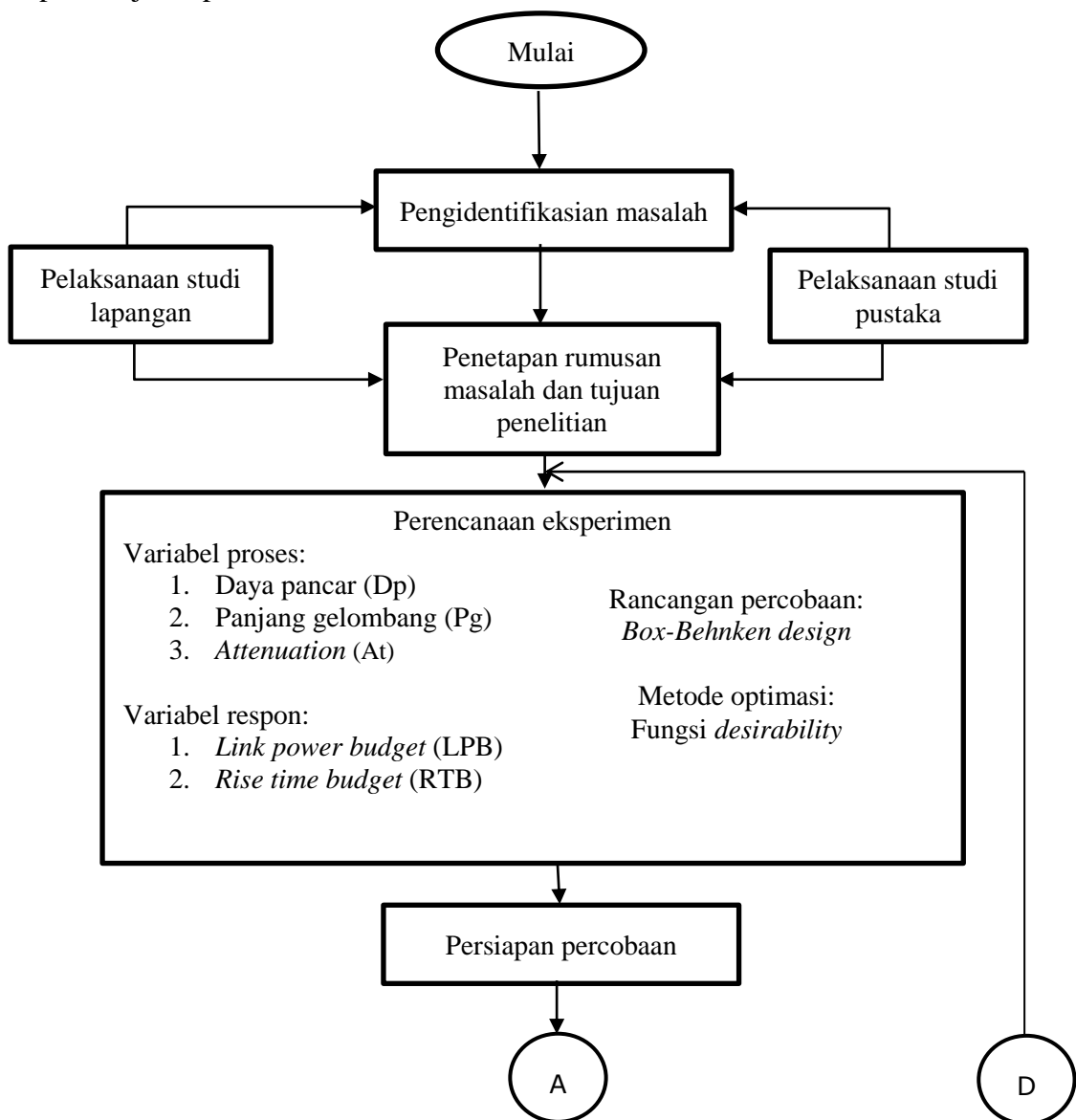
HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN

BAB 3

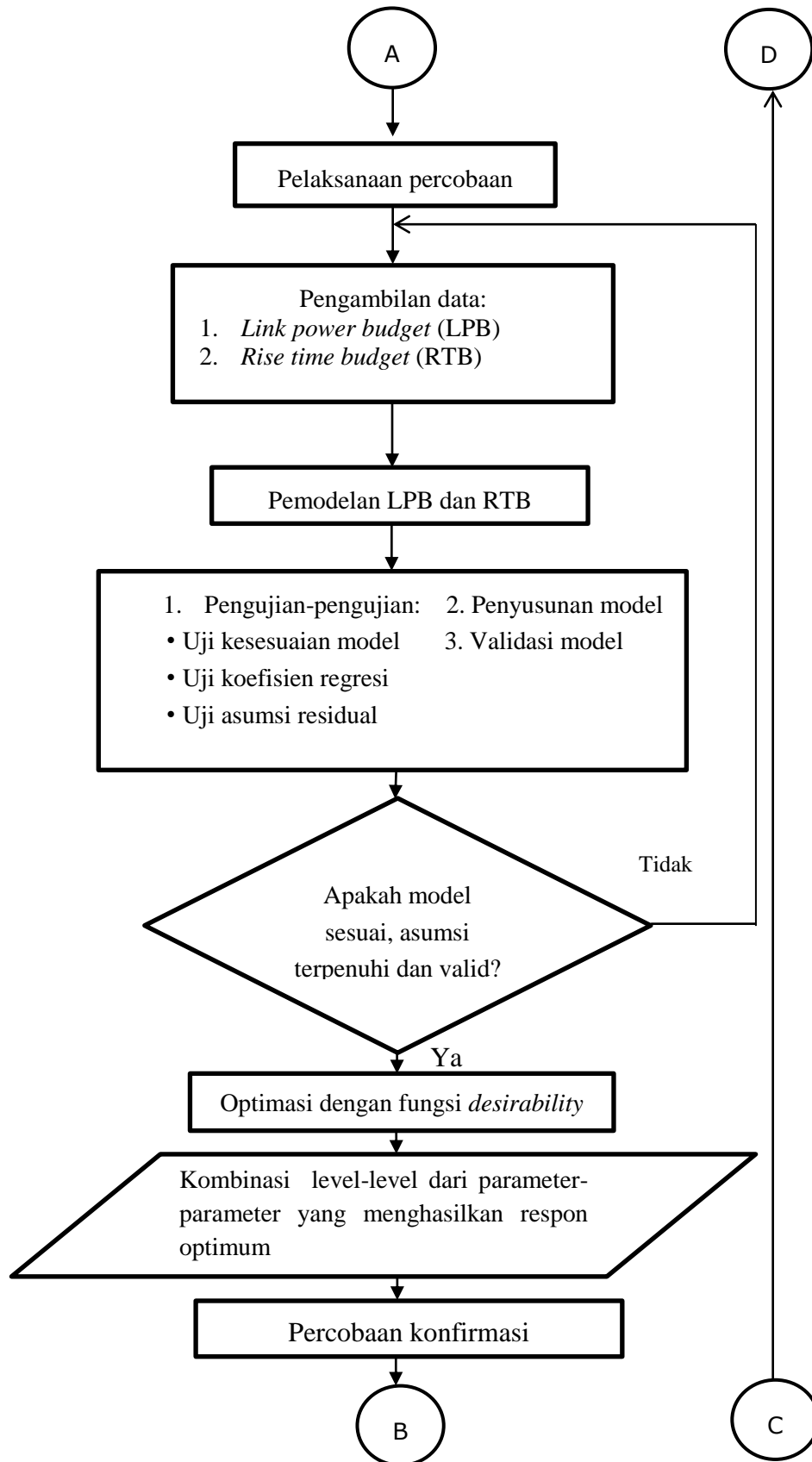
METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tahapan Penelitian

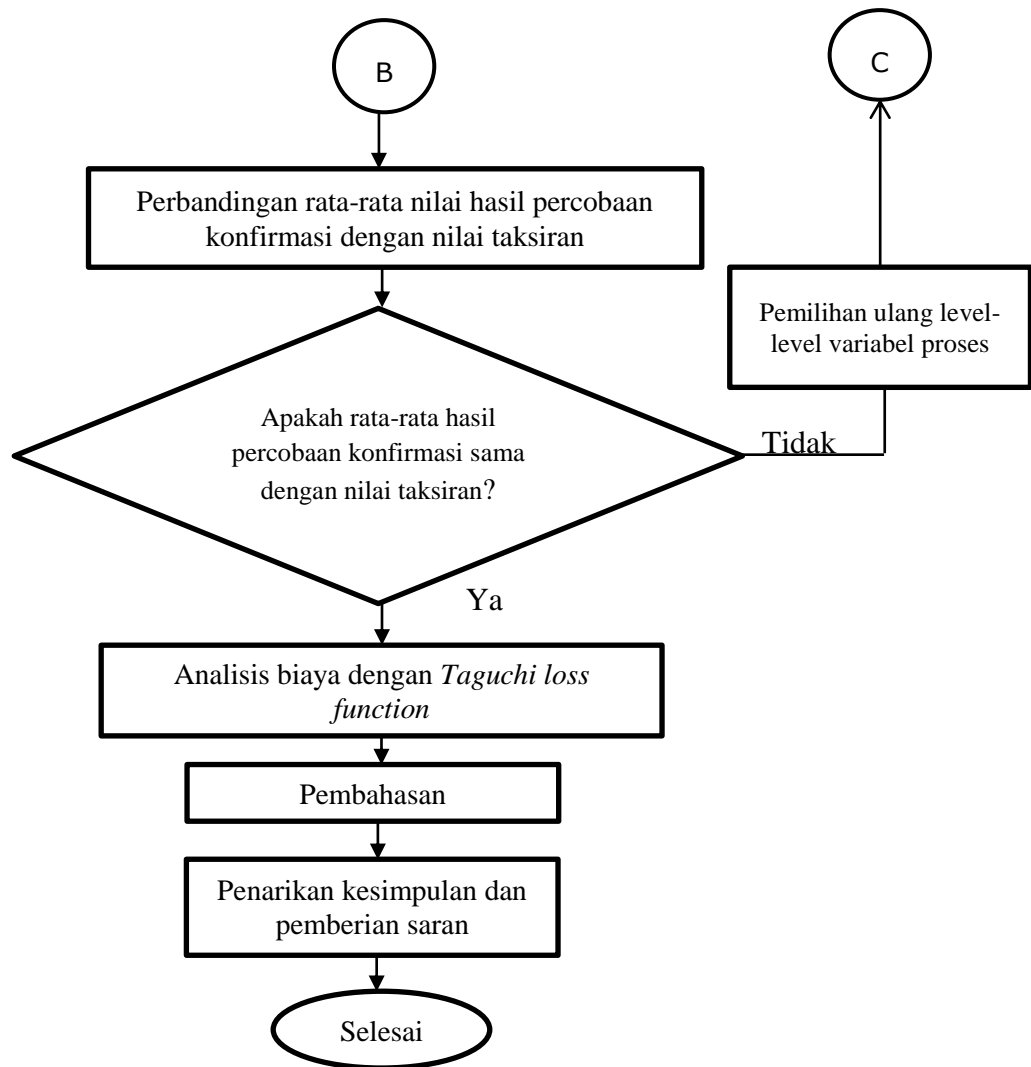
Terdapat beberapa tahapan penelitian yang akan dilakukan, agar tujuan penelitian dapat tercapai dengan baik. Langkah-langkah penelitian secara ringkas dapat disajikan pada Gambar 3.1 berikut ini.



Gambar 3.1 Diagram Alir Metodologi Penelitian



Gambar 3.1 Diagram Alir Metodologi Penelitian (Lanjutan)



Gambar 3.1 Diagram Alir Metodologi Penelitian (Lanjutan)

3.2 Tahap Identifikasi Masalah

Pengamatan secara langsung dilakukan ke perusahaan untuk mengetahui proses dan kondisi riil perusahaan. Dari pengamatan tersebut didapat identifikasi permasalahan yang terjadi, terutama pada proses transmisi sinyal dari server sampai kepada pelanggan. Permasalahan yang terjadi dianalisis berdasarkan data-data terdahulu, hal ini dilakukan untuk mengetahui faktor-faktor yang memberikan pengaruh kepada permasalahan tersebut. Selanjutnya, studi pustaka akan dilaksanakan untuk menunjang analisis terhadap permasalahan yang terjadi di perusahaan.

3.3 Penetapan Rumusan Masalah dan Tujuan Penelitian

Permasalahan di perusahaan yang telah teridentifikasi harus dinyatakan dalam perumusan masalah. Hal ini dilakukan untuk mengarahkan penelitian pada penyelesaian masalah. Setelah ditentukan perumusan masalah yang terjadi, tahapan selanjutnya adalah penyusunan tujuan dari penelitian.

3.4 Penetapan Respon, Faktor dan Level

Pada penelitian ini, terdapat dua variabel yang digunakan, yaitu variabel respon (variabel tidak bebas) dan faktor (variabel bebas).

3.4.1 Variabel Respon

Variabel respon yang diamati pada penelitian ini adalah CTQs pada proses transmisi sinyal, yaitu LPB dan RTB. Pada penelitian ini, variabel respon LPB sebagai y_1 dan variabel respon RTB sebagai y_2 . LPB adalah nilai dari total daya di jaringan serat optik, sedangkan RTB adalah nilai dari total waktu terjadinya dispersi di jaringan serat optik. Kedua variabel ini dipilih berdasarkan pada permasalahan yang terjadi dan juga dikarenakan variabel-variabel tersebut merupakan tolak ukur bagi kepuasan pelanggan.

3.4.2 Faktor

Variabel proses yang berpengaruh terhadap respon LPB dan RTB adalah daya pancar (D_p), panjang gelombang (P_g), *attenuation* (A_t) dan suhu sentral. Suhu sentral tidak termasuk ke dalam variabel bebas pada penelitian ini karena tidak dapat divariasikan pada saat percobaan. Memvariasikan suhu sentral dalam percobaan dapat mengganggu proses transmisi sinyal. Dengan demikian, faktor-faktor yang dapat diubah pada penelitian ini adalah parameter teknis jaringan FTTH, yaitu daya pancar (D_p), panjang gelombang (P_g) dan *attenuation* (A_t). Pada proses transmisi sinyal di kabel serat optik, terdapat beberapa variabel yang tidak dapat dikontrol. Variabel tersebut diantaranya *delay distortion* dan *noise*. *Delay distortion* dapat terjadi akibat kecepatan sinyal yang melalui medium berbeda-beda, sehingga tiba pada penerima dengan waktu yang berbeda. *Noise* adalah tambahan sinyal yang tidak diinginkan dan masuk dimanapun diantara transmisi dan penerima. Variabel yang tidak dapat dikontrol ini dapat menyebabkan terjadinya variasi pada nilai variabel respon.

3.4.3 Level

Untuk penentuan level faktor, digunakan level atas, level tengah dan level bawah yang diprediksi dapat menghasilkan nilai respon yang optimal. Hal ini sangat penting dilakukan, agar proses optimasi dapat menghasilkan nilai respon yang optimal. Penentuan level daya pancar, panjang gelombang dan *attenuation* mengacu pada ketentuan oleh *International Telecommunication Union* (2009), dimana nilai maksimal untuk panjang gelombang yang dapat digunakan pada proses transmisi sinyal adalah sebesar 1550 nm, daya pancar sebesar 5 dBm dan *attenuation* sebesar 18 dB. Faktor dan level faktor yang digunakan pada penelitian ini, lebih lengkap ditampilkan pada Tabel 3.1 berikut:

Tabel 3.1 Penentuan Level Faktor

No	Faktor	Level bawah (-1)	Level tengah (0)	Level atas (+1)
1	Daya pancar (x_1)	1 dBm	3 dBm	5 dBm
2	Panjang gelombang (x_2)	1430 nm	1490 nm	1550 nm
3	<i>Attenuation</i> (x_3)	12 dB	15 dB	18 dB

Level-level dari faktor-faktor harus ditransformasikan kedalam bentuk kode level dengan menggunakan persamaan berikut:

$$x_1 = \frac{D_p - 3}{2} \quad (3.1)$$

$$x_2 = \frac{P_g - 1490}{60} \quad (3.2)$$

$$x_3 = \frac{A_t - 15}{3} \quad (3.3)$$

3.5 Rancangan Percobaan

Pada penelitian ini, rancangan percobaan akan mengikuti rancangan BBD. Rancangan BBD digunakan karena hanya memerlukan jumlah percobaan yang lebih sedikit dibandingkan dengan CCD. Level percobaan BBD adalah sebanyak tiga, sedangkan CCD akan membutuhkan paling sedikit lima level. Menurut BBD, dengan 15 kali percobaan yang terdiri dari 12 kali percobaan dilakukan pada level atas, level tengah, level bawah dan ditambah 3 kali percobaan yang dilakukan pada level tengah adalah cukup untuk mengetahui hasil respon yang diinginkan. Perancangan ini dilakukan dengan menggunakan

perangkat lunak Minitab 16 dan menghasilkan 15 percobaan yang ditunjukkan pada Tabel 3.2 berikut:

Tabel 3.2 Rancangan Percobaan BBD

<i>StdOrder</i>	<i>RunOrder</i>	Pengkodean			Tanpa Pengkodean		
		x_1	x_2	x_3	x_1	x_2	x_3
3	1	-1	1	0	1 dBm	1550 nm	15 dB
8	2	1	0	1	5 dBm	1490 nm	18 dB
12	3	0	1	1	3 dBm	1550 nm	18 dB
10	4	0	1	-1	3 dBm	1550 nm	12 dB
1	5	-1	-1	0	1 dBm	1430 nm	15 dB
5	6	-1	0	-1	1 dBm	1490 nm	12 dB
11	7	0	-1	1	3 dBm	1430 nm	18 dB
14	8	0	0	0	3 dBm	1490 nm	15 dB
13	9	0	0	0	3 dBm	1490 nm	15 dB
2	10	1	-1	0	5 dBm	1430 nm	15 dB
7	11	-1	0	1	1 dBm	1490 nm	18 dB
6	12	1	0	-1	5 dBm	1490 nm	12 dB
15	13	0	0	0	3 dBm	1490 nm	15 dB
4	14	1	1	0	5 dBm	1550 nm	15 dB
9	15	0	-1	-1	3 dBm	1430 nm	12 dB

3.6 Pelaksanaan Percobaan

Percobaan dilaksanakan di lingkungan PT. TKM. Percobaan dimulai dengan melakukan pengaturan daya pancar, panjang gelombang dan *attenuation* dari jaringan FTTH sesuai dengan rancangan BBD. Pengaturan dilakukan dengan menggunakan perangkat laptop yang terhubung dengan jaringan internal PT. TKM.

Rancangan respon pada penelitian ini adalah nilai dari respon LPB dan RTB yang diukur dengan menggunakan alat bantu *optical power meter* (OPM). Alat tersebut dikalibrasi secara rutin, sehingga dapat menghasilkan nilai pengukuran yang tepat. Pengukuran terhadap respon LPB dan RTB dengan menggunakan OPM dilaksanakan setelah proses pengaturan daya pancar, panjang gelombang dan *attenuation* dinyatakan selesai. Nilai dari hasil pengukuran terhadap respon LPB dinyatakan dalam satuan *decibel miliwatt* (dBm) dan RTB dinyatakan dalam satuan *nano second* (ns).

Unit analisis dalam penelitian ini adalah nilai dari hasil pengukuran respon LPB dan RTB, sedangkan satuan amatannya adalah satu unit percobaan proses transmisi sinyal di jaringan FTTH. Rancangan lingkungan pada penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap (RAL). Rancangan ini diterapkan pada percobaan yang dilakukan pada lingkungan homogen. Penelitian ini dilakukan pada proses transmisi sinyal di jaringan FTTH perumahan DHU Surabaya. Lokasi dari perumahan DHU disajikan pada Lampiran 2.

3.7 Pengolahan Data, Pemodelan dan Validasi Model

Data yang diperoleh dari pelaksanaan percobaan adalah data respon LPB dan RTB. Pada pengolahan data percobaan, digunakan analisis statistik untuk mengintrepetasikan data tersebut. Analisis statistik yang dilakukan adalah berupa analisis regresi dan pengujian model. Pengujian ini meliputi uji kecukupan model dengan menghitung koefisien determinasi dan uji *lack of fit*, uji koefisien secara individu maupun serentak, serta uji asumsi residual yang terdiri dari uji independen, uji identik dan uji distribusi normal.

3.8 Optimasi dengan Fungsi *Desirability*

Persamaan regresi yang dihasilkan dapat digunakan sebagai dasar untuk melakukan optimasi respon. Tujuan dari optimasi respon adalah sebagai berikut:

1. Mendekatkan nilai LPB pada target -18 dBm dengan nilai konstrain LPB antara -9 dBm sampai -27 dBm.
2. Mendekatkan nilai RTB pada target 0,5 ns dengan nilai konstrain RTB antara 0 ns sampai 1 ns.

Optimasi dilakukan dengan menggunakan fungsi *desirability* dan karakteristik kualitas dari LPB dan RTB adalah *nominal is the best*. Hasil optimasi didapatkan setelah memaksimalkan nilai *desirability*. Secara matematis perumusan fungsi optimasi dinyatakan oleh persamaan berikut:

Fungsi tujuan:

$$\text{Memaksimalkan } D = (d_{\text{LPB}} \times d_{\text{RTB}})^{1/2}$$

Pembatas:

$$\hat{y}_1 = b_{0LPB} + \sum_{i=1}^k b_{iLPB}x_i + \sum_{i=1}^k b_{iiLPB}x_i^2 + \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{k+1} b_{ijLPB}x_i x_j$$

$$\hat{y}_2 = b_{0RTB} + \sum_{i=1}^k b_{iRTB}x_i + \sum_{i=1}^k b_{iiRTB}x_i^2 + \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{k+1} b_{ijRTB}x_i x_j$$

$$d_{LPB} = \left(\frac{\hat{y}_{LPB} - L_{LPB}}{T_{LPB} - L_{LPB}} \right)^{\alpha_{LPB}} \quad L_{LPB} \leq \hat{y}_{LPB} \leq T_{LPB}$$

$$d_{LPB} = \left(\frac{U_{LPB} - \hat{y}_{LPB}}{U_{LPB} - T_{LPB}} \right)^{\alpha_{LPB}} \quad T_{LPB} \leq \hat{y}_{LPB} \leq U_{LPB}$$

$$d_{RTB} = \left(\frac{\hat{y}_{RTB} - L_{RTB}}{T_{RTB} - L_{RTB}} \right)^{\alpha_{RTB}} \quad L_{RTB} \leq \hat{y}_{RTB} \leq T_{RTB}$$

$$d_{RTB} = \left(\frac{U_{RTB} - \hat{y}_{RTB}}{U_{RTB} - T_{RTB}} \right)^{\alpha_{RTB}} \quad T_{RTB} \leq \hat{y}_{RTB} \leq U_{RTB}$$

$$\hat{y}_{LPB} \leq -9$$

$$\hat{y}_{LPB} \geq -27$$

$$\hat{y}_{RTB} \leq 1$$

$$\hat{y}_{RTB} \geq 0$$

$$U_{LPB} = -9$$

$$L_{LPB} = -27$$

$$T_{LPB} = -18$$

$$U_{RTB} = 1$$

$$L_{RTB} = 0$$

$$T_{RTB} = 0,5$$

$$\alpha_{LPB}, \alpha_{RTB} = 1$$

Dengan:

D = *desirability* total

d_{LPB} = fungsi *desirability* individu pada respon LPB

d_{RTB} = fungsi *desirability* individu pada respon RTB

\hat{y}_{LPB} = persamaan regresi respon LPB

\hat{y}_{RTB} = persamaan regresi respon RTB

L_{LPB} = batas bawah nilai LPB

U_{LPB} = batas atas nilai LPB

T_{LPB} = target nilai LPB

L_{RTB} = batas bawah nilai RTB

U_{RTB} = batas atas nilai RTB

T_{RTB} = target nilai RTB

α_{LPB} = bobot atau faktor kepentingan untuk persamaan regresi LPB

α_{RTB} = bobot atau faktor kepentingan untuk persamaan regresi RTB

3.9 Pelaksanaan Percobaan Konfirmasi

Setelah didapatkan nilai respon yang optimal dan untuk mengetahui sejauh mana ketepatan hasil analisis, maka akan dilakukan percobaan konfirmasi. Percobaan konfirmasi dilakukan pada level faktor yang menghasilkan nilai respon optimal. Setelah itu, akan dilakukan perbandingan rata-rata nilai hasil eksperimen konfirmasi dengan nilai hasil taksiran untuk respon LPB dan RTB.

3.10 Analisis Biaya

Nilai variansi proses yang diperoleh dari kapabilitas proses pada percobaan konfirmasi, akan digunakan sebagai dasar perhitungan penurunan biaya kerugian. Penurunan dari variansi proses akan diikuti dengan penurunan biaya kerugian, dimana penurunan biaya kerugian akan dihitung dengan menggunakan persamaan *Taguchi loss function*.

Biaya kerugian LPB dan RTB bersifat *nominal-is-the-best* dan dihitung berdasarkan dengan persamaan pada Tabel 2.2. Penurunan biaya kerugian didapatkan dari selisih biaya kerugian antara proses awal dengan proses yang menggunakan pengaturan dari hasil optimasi.

3.11 Pembahasan

Setelah melakukan validasi hasil terhadap faktor-faktor yang menghasilkan nilai respon LPB dan RTB yang optimal, hal selanjutnya yang dilakukan adalah melakukan analisis yang mendalam terhadap hasil tersebut. Analisis akan dilakukan dari berbagai sudut pandang untuk mengetahui kendala yang dihadapi atau pengaruh yang timbul sehingga dapat memudahkan pengendalian dari sebuah proses.

3.12 Kesimpulan dan Saran

Langkah akhir dari penelitian ini adalah menarik kesimpulan dari hasil pengolahan dan analisis data yang telah dilakukan. Selain itu, pada tahap ini juga disertakan saran-saran untuk perusahaan dan perbaikan bagi penelitian selanjutnya.

BAB 4

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Hasil Percobaan

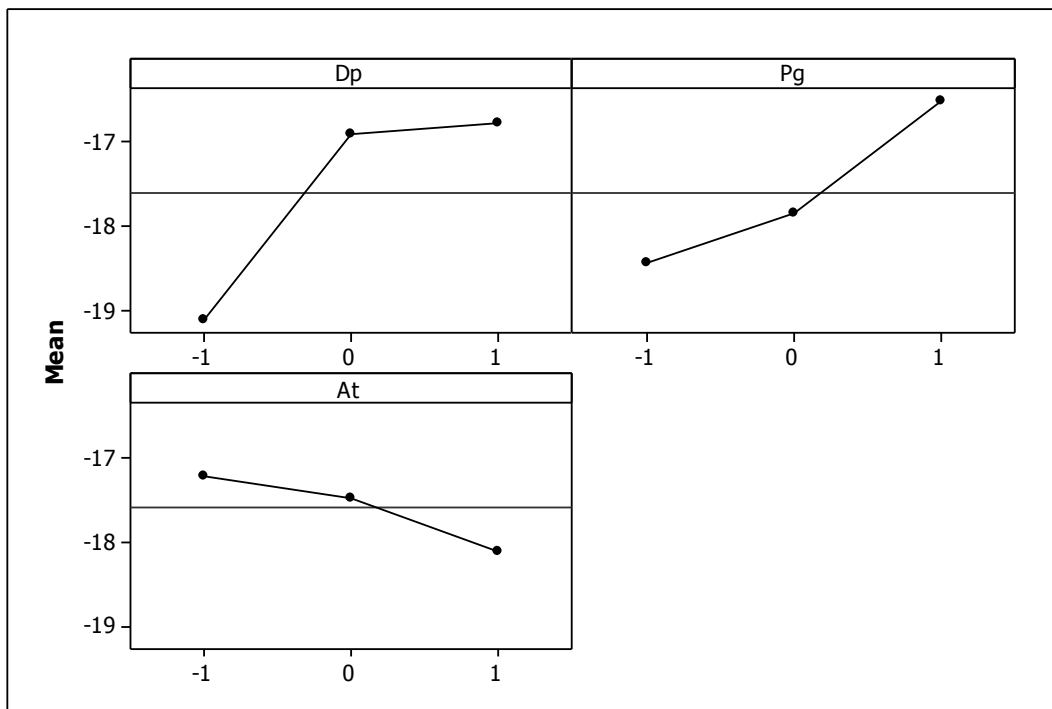
Pelaksanaan percobaan dilakukan dengan memvariasikan parameter-parameter proses yang terdapat pada proses transmisi sinyal di jaringan FTTH, yaitu daya pancar (Dp), panjang gelombang (Pg) dan *attenuation* (At). Percobaan dilakukan dengan berdasarkan pada rancangan percobaan *Box-Behnken*. Data hasil percobaan ditunjukkan pada Tabel 4.1 berikut ini:

Tabel 4.1 Data Hasil Percobaan

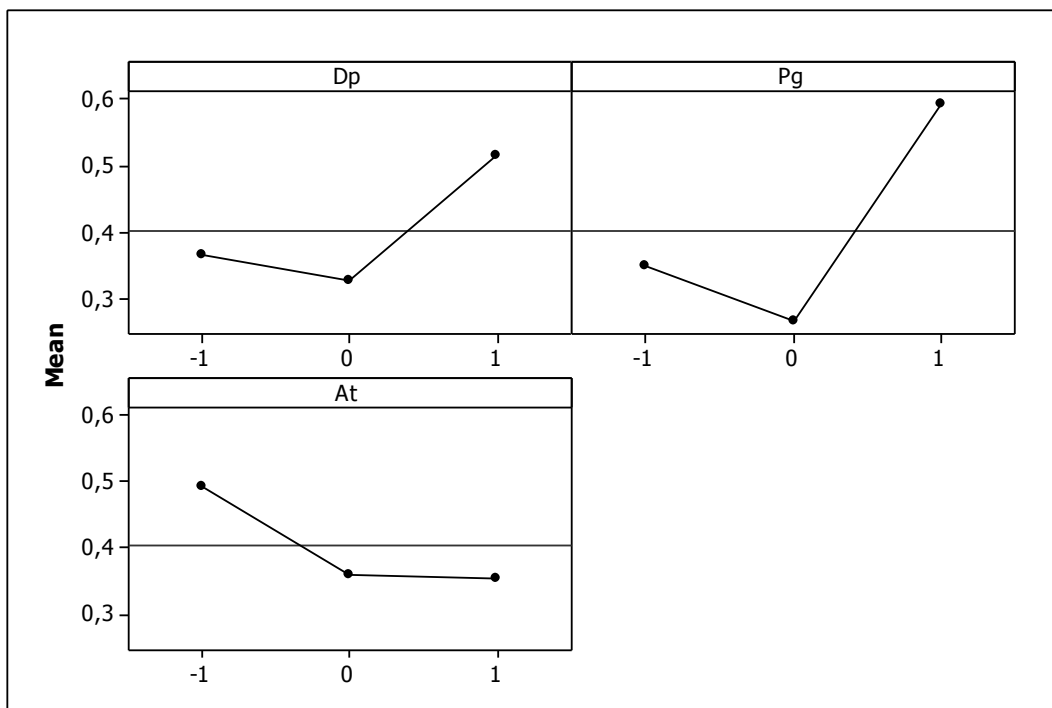
<i>StdOrder</i>	Dp (dBm)	Pg (nm)	At (dB)	LPB (dBm)	RTB (ns)
3	-1	1	0	-17,951	0,46
8	1	0	1	-17,831	0,33
12	0	1	1	-16,661	0,48
10	0	1	-1	-14,98	0,62
1	-1	-1	0	-19,451	0,33
5	-1	0	-1	-19,501	0,30
11	0	-1	1	-17,821	0,21
14	0	0	0	-17,011	0,14
13	0	0	0	-17,271	0,15
2	1	-1	0	-17,931	0,38
7	-1	0	1	-19,671	0,19
6	1	0	-1	-16,041	0,48
15	0	0	0	-16,811	0,16
4	1	1	0	-15,451	0,69
9	0	-1	-1	-17,700	0,36

4.2 Pemodelan LPB dan RTB

Pemodelan dari respon LPB dan RTB dilakukan dengan menggunakan metode *response surface*. Hubungan antara respon LPB dan RTB terhadap faktor Dp (x_1), Pg (x_2) dan At (x_3) diuji dengan menggunakan ANOVA. Gambar 4.1 menunjukkan pengaruh faktor-faktor secara individu terhadap respon LPB dan Gambar 4.2 menunjukkan pengaruh faktor-faktor secara individu terhadap respon RTB.

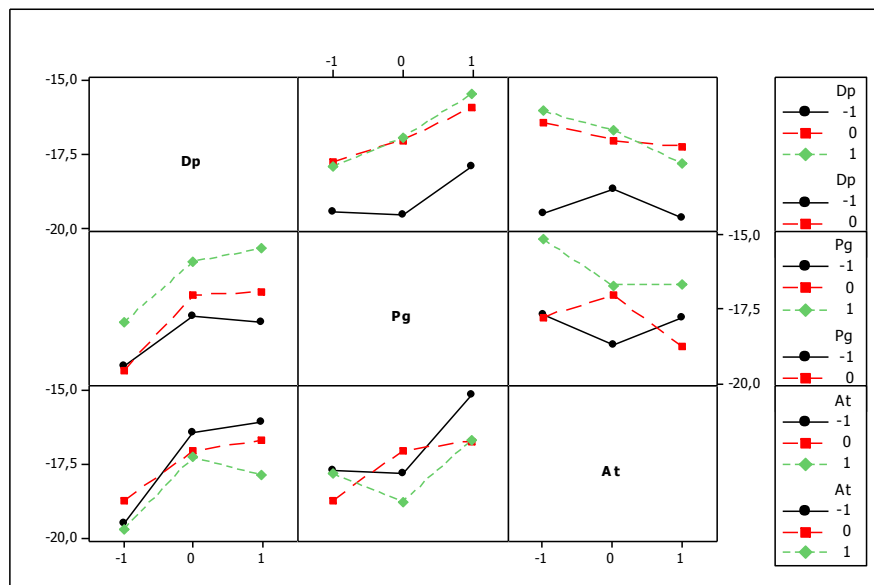


Gambar 4.1 Pengaruh Faktor-Faktor Secara Individu Terhadap LPB

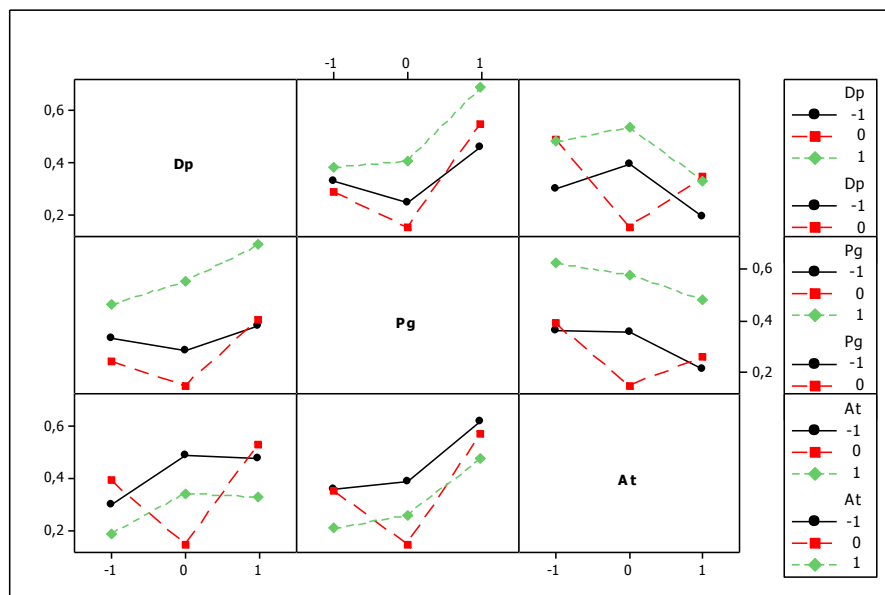


Gambar 4.2 Pengaruh Faktor-Faktor Secara Individu Terhadap RTB

Gambar 4.1 menunjukkan bahwa faktor At pada level 1 dan Dp pada level -1 tidak berpengaruh terhadap nilai LPB, sedangkan faktor Pg tidak berpengaruh terhadap LPB pada level -1 dan 0. Gambar 4.2 menunjukkan bahwa faktor Pg dan Dp tidak berpengaruh terhadap RTB pada level -1 dan 0, sedangkan faktor At tidak berpengaruh terhadap RTB pada level 0 dan 1. Pengaruh interaksi antar faktor individu terhadap respon LPB dan RTB berturut-turut ditampilkan pada Gambar 4.3 dan 4.4.



Gambar 4.3 Pengaruh Interaksi Antar Faktor Individu Terhadap LPB



Gambar 4.4 Pengaruh Interaksi Antar Faktor Individu Terhadap RTB

Pengaruh interaksi antar faktor yang ditunjukkan pada Gambar 4.3 dan 4.4, dianalisis lebih lanjut dengan menggunakan perangkat lunak Minitab. Analisis yang digunakan adalah analisis regresi untuk melakukan ANOVA dan menentukan koefisien regresi.

4.2.1 Pengujian Kesesuaian Model

Kecukupan dari suatu model dapat dilihat dari nilai koefisien determinasi dan uji *lack of fit* dari persamaan regresi. Pengujian kesesuaian model terhadap respon LPB dan RTB dilakukan dengan menggunakan uji koefisien determinasi (R^2) dan uji *lack of fit*.

a. Uji koefisien determinasi (R^2)

Koefisien determinasi (R^2) menunjukkan besarnya variasi dari respon yang dapat dijelaskan oleh suatu model. Nilai R^2 dari masing-masing respon ditunjukkan pada Tabel 4.2 berikut ini:

Tabel 4.2 Nilai Koefisien Determinasi (R^2)

Nilai R^2	LPB	RTB
	98,84%	99,62%

Sumber: Perhitungan Minitab

Tabel 4.2 menunjukkan bahwa 98,84% variasi dari LPB dan 99,62% variasi dari RTB, dapat dijelaskan oleh suatu persamaan-persamaan dari respon LPB dan RTB.

b. Uji *lack of fit*

Nilai $P_{lack\ of\ fit}$ untuk LPB dan RTB ditunjukkan pada Tabel 4.3 berikut ini:

Tabel 4.3 Nilai $P_{lack\ of\ fit}$

$P_{lack\ of\ fit}$	LPB	RTB
	0,460	0,190

Sumber: Perhitungan Minitab

Hipotesis untuk uji *lack of fit* adalah sebagai berikut:

H_0 : Tidak ada *lack of fit* (model telah sesuai dengan data)

H_1 : Ada *lack of fit* (model belum sesuai dengan data)

Level signifikansi yang digunakan adalah $\alpha = 0,05$. Tabel 4.3 menunjukkan bahwa $P_{lack\ of\ fit}$ dari LPB dan RTB lebih besar daripada 0,05, maka hipotesis nol (H_0) gagal ditolak. Dengan kata lain, tidak terdapat *lack of fit* atau model yang digunakan pada percobaan telah sesuai dengan data.

4.2.2 Pengujian Koefisien Regresi

Pengujian regresi dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu secara individu dan serentak dengan menggunakan ANOVA dari perangkat lunak Minitab. Nilai koefisien regresi dan hasil ANOVA dengan menggunakan metode *response surface* ditampilkan pada Lampiran 3.

a. Uji koefisien regresi secara serentak

Pengujian koefisien regresi secara serentak dilakukan dengan menggunakan $\alpha = 0,05$. Hipotesis yang digunakan adalah sebagai berikut:

H_0 : semua β_i tidak berpengaruh terhadap respon ($\beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_k = 0$)

H_1 : minimal ada satu $\beta_i \neq 0$; $i = 1, \dots, k$

Tabel 4.4 Nilai P Hasil ANOVA Respon LPB dan RTB

LPB						
Sumber Variasi	<i>Df</i>	<i>Seq SS</i>	<i>Adj SS</i>	<i>Adj MS</i>	F	P
Linear	3	20,349	20,349	6,783	107,470	0,000
Kuadratik	3	5,132	5,132	1,711	27,100	0,002
Interaksi	3	1,505	1,505	0,502	7,950	0,024
RTB						
Sumber Variasi	<i>Df</i>	<i>Seq SS</i>	<i>Adj SS</i>	<i>Adj MS</i>	F	P
Linear	3	0,200	0,200	0,067	219,040	0,000
Kuadratik	3	0,194	0,194	0,065	211,550	0,000
Interaksi	3	0,009	0,009	0,003	9,320	0,017

Sumber: Perhitungan Minitab

Tabel 4.4 menunjukkan bahwa seluruh nilai P dari uji koefisien secara serentak untuk LPB dan RTB adalah kurang dari 0,05, maka H_0 ditolak. Dengan kata lain, jika H_0 ditolak maka secara statistik variabel-variabel bebas memberikan pengaruh yang signifikan terhadap respon.

b. Uji koefisien regresi secara individu

Pengujian koefisien regresi secara individu dilakukan dengan menggunakan $\alpha = 0,05$. Hipotesis yang digunakan adalah:

$H_0 : \beta_i = 0$ untuk setiap i ; $i = 1, \dots, k$

$H_1 : \beta_i \neq 0$ untuk setiap i ; $i = 1, \dots, k$

Nilai estimasi koefisien regresi untuk LPB ditunjukkan pada Tabel 4.5 berikut:

Tabel 4.5 Nilai Estimasi Koefisien Regresi untuk LPB

<i>Term</i>	<i>Coef</i>	<i>SE Coef</i>	<i>T</i>	<i>P</i>
<i>Constant</i>	-17,031	0,14504	-117,419	0,000
x_1	1,165	0,08882	13,116	0,000
x_2	0,9825	0,08882	11,062	0,000
x_3	-0,4703	0,08882	-5,294	0,003
$x_1 * x_1$	-1,0677	0,13074	-8,167	0,000
$x_2 * x_2$	0,4027	0,13074	3,081	0,027
$x_3 * x_3$	-0,1623	0,13074	-1,241	0,270
$x_1 * x_2$	0,245	0,12561	1,950	0,109
$x_1 * x_3$	-0,405	0,12561	-3,224	0,023
$x_2 * x_3$	-0,39	0,12561	-3,105	0,027

Sumber: Perhitungan Minitab

Pengujian koefisien regresi untuk LPB dilakukan dengan menggunakan $\alpha = 0,05$. Tabel 4.5 menunjukkan bahwa kuadrat At ($x_3 * x_3$) dan interaksi antara Dp dengan Pg ($x_1 * x_2$) memiliki nilai P yang lebih besar daripada 0,05, maka H_0 gagal ditolak. Dengan kata lain, tidak terdapat pengaruh yang signifikan dari kuadrat At ($x_3 * x_3$) dan interaksi antara Dp dengan Pg ($x_1 * x_2$) terhadap respon LPB.

Koefisien regresi yang memiliki nilai P lebih besar daripada 0,05 akan dihilangkan untuk mendapatkan nilai estimasi koefisien regresi yang baru. Tabel 4.6 menunjukkan nilai estimasi koefisien regresi untuk LPB setelah menghilangkan koefisien regresi yang tidak signifikan.

Tabel 4.6 Nilai Estimasi Koefisien Regresi untuk LPB setelah Menghilangkan Koefisien yang Tidak Signifikan

<i>Term</i>	<i>Coef</i>	<i>SE Coef</i>	<i>T</i>	<i>P</i>
<i>Constant</i>	-17,1308	0,1467	-116,768	0,000
x_1	1,165	0,108	10,79	0,000
x_2	0,9825	0,108	9,099	0,000
x_3	-0,4703	0,108	-4,355	0,003
x_1*x_1	-1,0553	0,1585	-6,659	0,000
x_2*x_2	0,4152	0,1585	2,62	0,034
x_1*x_3	-0,405	0,1527	-2,652	0,033
x_2*x_3	-0,39	0,1527	-2,554	0,038

Sumber: Perhitungan Minitab

Nilai estimasi koefisien regresi untuk RTB ditunjukkan pada Tabel 4.7 berikut:

Tabel 4.7 Nilai Estimasi Koefisien Regresi untuk RTB

<i>Term</i>	<i>Coef</i>	<i>SE Coef</i>	<i>T</i>	<i>P</i>
<i>Constant</i>	0,15	0,010083	14,877	0,000
x_1	0,075	0,006175	12,147	0,000
x_2	0,12125	0,006175	19,637	0,000
x_3	-0,06875	0,006175	-11,134	0,000
x_1*x_1	0,11125	0,009089	12,240	0,000
x_2*x_2	0,20375	0,009089	22,418	0,000
x_3*x_3	0,06375	0,009089	7,014	0,001
x_1*x_2	0,04500	0,008732	5,153	0,004
x_1*x_3	-0,01000	0,008732	-1,145	0,304
x_2*x_3	0,0025	0,008732	0,286	0,786

Sumber: Perhitungan Minitab

Pengujian koefisien regresi untuk RTB dilakukan dengan menggunakan $\alpha = 0,05$. Tabel 4.7 menunjukkan bahwa interaksi antara Dp dengan At (x_1*x_3) dan interaksi antara Pg dengan At (x_2*x_3) memiliki nilai P lebih besar daripada 0,05, maka H_0 gagal ditolak untuk interaksi tersebut. Dengan kata lain, tidak terdapat pengaruh yang signifikan terhadap respon RTB untuk kedua interaksi tersebut.

Koefisien regresi yang memiliki nilai P lebih besar daripada 0,05, akan dihilangkan untuk mendapatkan nilai estimasi koefisien regresi yang baru. Tabel 4.8 menunjukkan nilai estimasi koefisien regresi untuk RTB setelah menghilangkan koefisien yang tidak signifikan.

Tabel 4.8 Nilai Estimasi Koefisien Regresi untuk RTB setelah Menghilangkan Koefisien yang Tidak Signifikan

<i>Term</i>	<i>Coef</i>	<i>SE Coef</i>	<i>T</i>	<i>P</i>
<i>Constant</i>	0,15000	0,009636	15,566	0,000
x_1	0,07500	0,005901	12,710	0,000
x_2	0,12125	0,005901	20,547	0,000
x_3	-0,06875	0,005901	-11,651	0,000
$x_1 * x_1$	0,11125	0,008686	12,808	0,000
$x_2 * x_2$	0,20375	0,008686	23,457	0,000
$x_3 * x_3$	0,06375	0,008686	7,339	0,000
$x_1 * x_2$	0,04500	0,008345	5,392	0,001

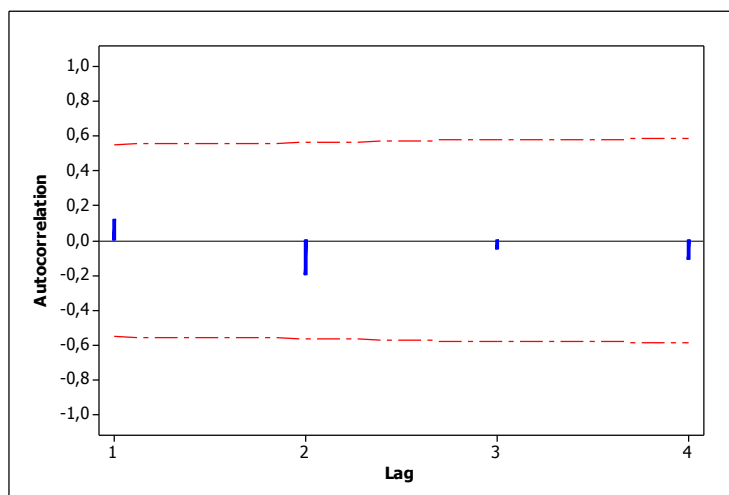
Sumber: Perhitungan Minitab

4.2.3 Pengujian Asumsi Residual

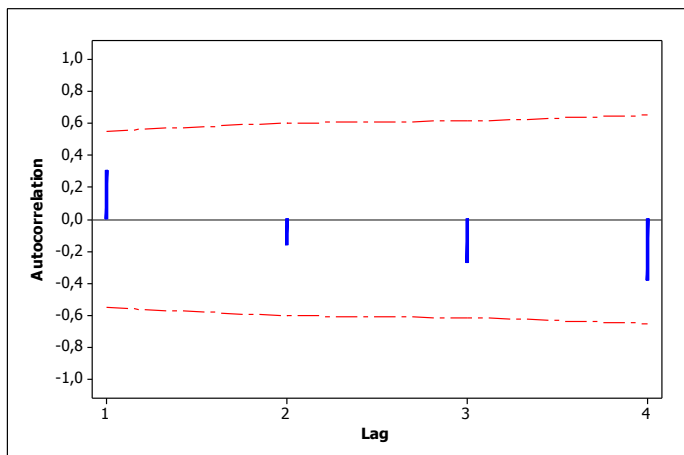
Residual (ϵ) adalah perbedaan antara nilai respon hasil percobaan dengan nilai respon taksiran. Residual diasumsikan bersifat independen, identik, serta berdistribusi normal dengan nilai *mean* = 0 dan variansi tertentu. Hasil uji residual dijabarkan sebagai berikut:

a. Uji Independen

Pengujian independen digunakan untuk dapat memberikan jaminan bahwa tidak ada hubungan antar pengamatan. Uji independen untuk residual dilakukan dengan menggunakan plot *auto correlation function* (ACF). Residual dikatakan independen bila nilai korelasinya berada pada interval batas atas dan batas bawah ACF. Hasil uji independen untuk residual-residual dari respon LPB dan RTB berturut-turut ditampilkan pada Gambar 4.5 dan 4.6.



Gambar 4.5 Grafik ACF untuk LPB

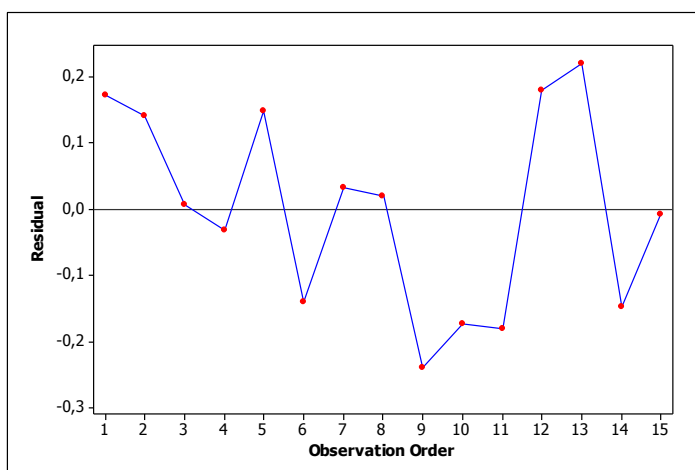


Gambar 4.6 Grafik ACF untuk RTB

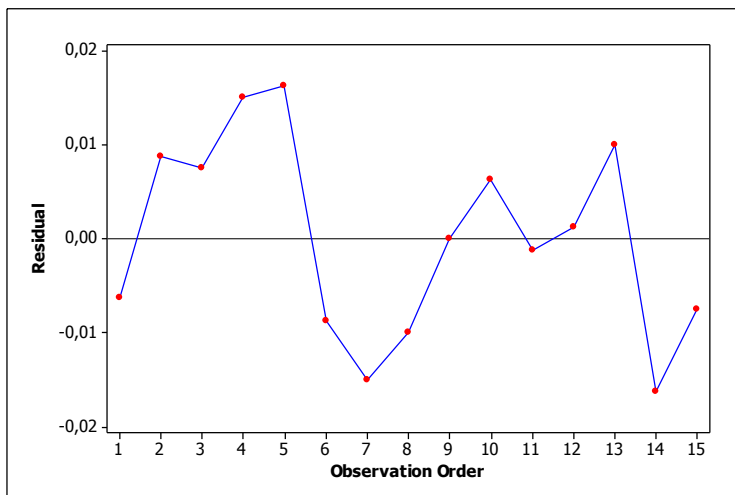
Gambar 4.5 dan 4.6 menunjukkan bahwa semua nilai ACF untuk respon LPB dan RTB berada di dalam batas atas dan bawah dengan menggunakan $\alpha = 0,05$. Dengan kata lain, residual untuk LPB dan RTB sudah memenuhi asumsi independen.

b. Uji Identik

Pengujian identik dilakukan untuk melihat apakah residual memenuhi asumsi identik. Residual dikatakan identik apabila plot residualnya menyebar secara acak dan tidak membentuk suatu pola tertentu. Hasil uji identik untuk residual-residual dari respon LPB dan RTB berturut-turut ditampilkan pada Gambar 4.7 dan 4.8.



Gambar 4.7 Plot Residual-*Observation Order* untuk LPB



Gambar 4.8 Plot Residual-*Observation Order* untuk RTB

Gambar 4.7 dan Gambar 4.8 menunjukkan bahwa plot residual-residual untuk LPB dan RTB tersebar secara acak dan tidak membuat pola tertentu. Dengan kata lain, residual untuk LPB dan RTB sudah memenuhi asumsi identik.

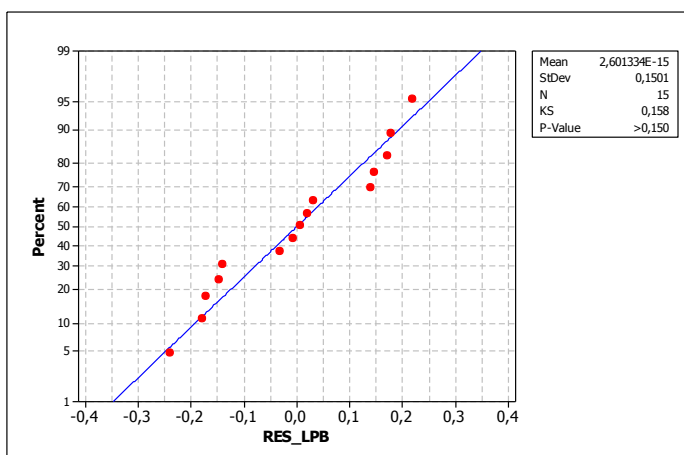
c. Uji distribusi normal

Pengujian untuk mengetahui apakah residual berdistribusi normal dengan nilai *mean* 0 dan memiliki variansi tertentu, dilakukan dengan menggunakan uji *Kolmogorov Smirnov*. Level signifikansi yang digunakan adalah $\alpha = 0,05$ dan hipotesis yang digunakan adalah sebagai berikut:

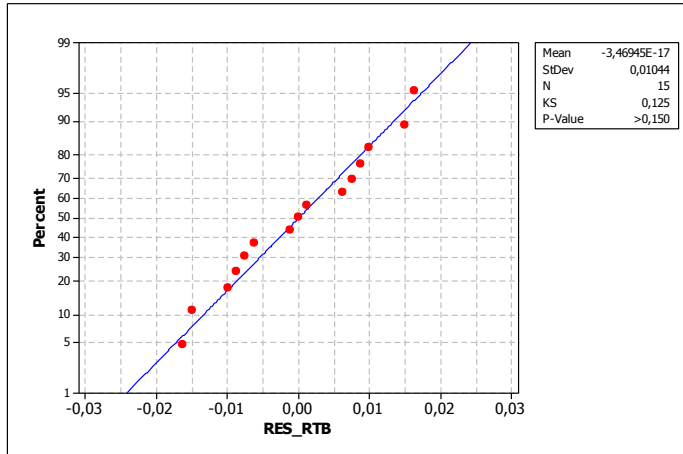
H_0 : Residual berdistribusi normal

H_1 : Residual tidak berdistribusi normal

Hasil dari uji distribusi normal untuk residual-residual dari respon LPB dan RTB berturut-turut ditampilkan pada Gambar 4.9 dan 4.10.



Gambar 4.9 Uji Kenormalan Residual LPB



Gambar 4.10 Uji Kenormalan Residual RTB

Gambar 4.9 dan Gambar 4.10 menunjukkan bahwa nilai P lebih besar daripada 0,05, sehingga H_0 gagal ditolak. Residual untuk respon LPB dan RTB juga memiliki $mean = 0$ serta variansi tertentu. Dengan kata lain, residual-residual untuk respon LPB dan RTB memenuhi asumsi berdistribusi normal.

Setelah melakukan uji asumsi residual, didapat bahwa residual-residual untuk respon LPB dan RTB memiliki residual yang independen. Kedua respon tersebut juga memiliki residual yang identik, berdistribusi normal dengan nilai $mean$ 0 dan memiliki variansi tertentu. Dengan kata lain, respon LPB dan RTB memenuhi asumsi residual.

4.2.4 Penyusunan Model Matematis

Setelah melakukan beberapa pengujian, maka ditentukan model matematis yang menunjukkan pengaruh faktor $D_p(x_1)$, $P_g(x_2)$, $A_t(x_3)$ terhadap respon LPB (\hat{y}_{LPB}) dan RTB (\hat{y}_{RTB}). Model matematis tersebut ditunjukkan pada persamaan berikut ini:

$$\begin{aligned} \hat{y}_{LPB} = & -17,1448 + 1,1650x_1 + 0,9825x_2 - 0,4703x_3 - 1,0553x_1^2 + \\ & 0,4152x_2^2 - 0,4050x_1x_3 - 0,3900x_2x_3 \end{aligned} \quad (4.1)$$

$$\begin{aligned} \hat{y}_{RTB} = & 0,150 + 0,07500x_1 + 0,12125x_2 - 0,06875x_3 + \\ & 0,11125x_1^2 + 0,20375x_2^2 + 0,06375x_3^2 + 0,04500x_1x_2 \end{aligned} \quad (4.2)$$

Model matematis pada persamaan 4.1 dan 4.2 divalidasi dengan melakukan perhitungan dan percobaan dengan menggunakan level tengah (0) di setiap faktornya. Selain itu, percobaan dilakukan dengan menggunakan pengaturan D_p sebesar 3 dBm, P_g sebesar 1490 nm dan A_t sebesar 15 dB.

Hasil dari perhitungan dengan menggunakan nilai level tengah di setiap faktor pada persamaan, menghasilkan nilai prediksi untuk respon LPB dan RTB yang ditunjukkan pada Tabel 4.9 berikut:

Tabel 4.9 Hasil Perhitungan

Level dari Faktor			Nilai Prediksi	
x_1	x_2	x_3	LPB	RTB
0	0	0	-17,145	0,15

Hasil dari percobaan validasi yang dilakukan dengan menggunakan pengaturan D_p sebesar 3 dBm, P_g sebesar 1490 nm dan A_t sebesar 15 dB, ditunjukkan pada Tabel 4.10. Hasil percobaan validasi model dibandingkan dengan nilai prediksi dengan menggunakan uji *one-sample t*. Hipotesis yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$H_0 : \mu = \mu_0$$

$$H_1 : \mu \neq \mu_0$$

Dengan $\mu_0 = -17,145$ untuk respon LPB dan $\mu_0 = 0,15$ untuk respon RTB. Level signifikansi yang digunakan adalah $\alpha = 0,05$.

Tabel 4.10 Hasil Percobaan Validasi

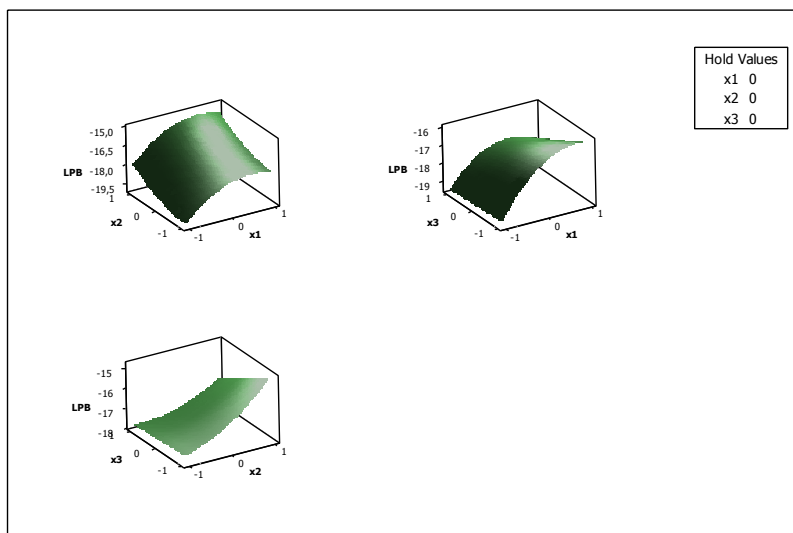
Hasil Percobaan Konf.		Hasil Uji t (nilai P_{value})	
LPB	RTB	LPB	RTB
-17,01	0,18	0,29	0,075
-17,31	0,13		
-16,92	0,18		
-18,26	0,2		
-18,44	0,13		
-16,25	0,23		
-16,66	0,15		
-17,29	0,24		
-17,19	0,14		
-17,03	0,17		

Tabel 4.10 menunjukkan bahwa nilai P dari uji *one-sample t* untuk respon LPB dan RTB lebih besar daripada 0,05, sehingga H_0 gagal ditolak.

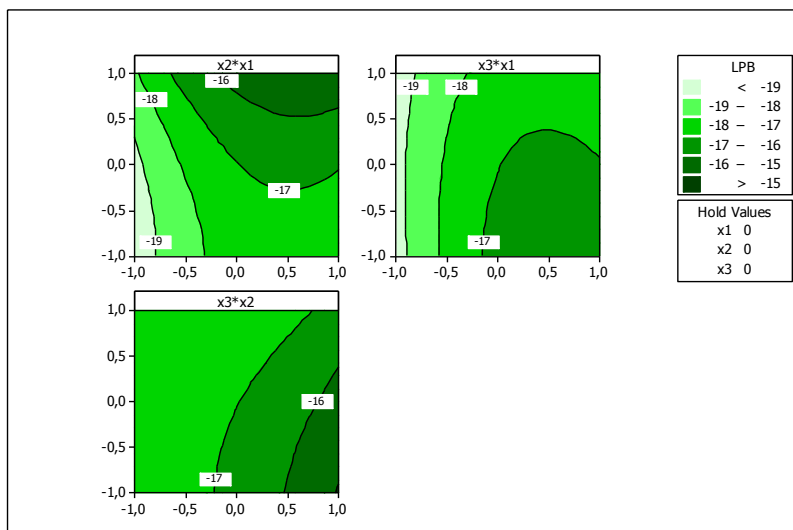
Dengan kata lain, hasil percobaan konfirmasi untuk respon LPB dan RTB sesuai dengan nilai prediksi. Hasil dari uji *one-sample t* disajikan pada lampiran 4.

4.2.5 Plot Permukaan

Plot yang dihasilkan dari pemodelan untuk respon LPB berturut-turut ditampilkan pada Gambar 4.11 dan 4.12, sedangkan untuk respon RTB berturut-turut ditampilkan pada Gambar 4.13 dan 4.14. Plot yang digunakan adalah *surface plot* dan *contour plot*, dimana kedua plot tersebut berfungsi untuk menunjukkan pengaruh faktor-faktor terhadap respon.



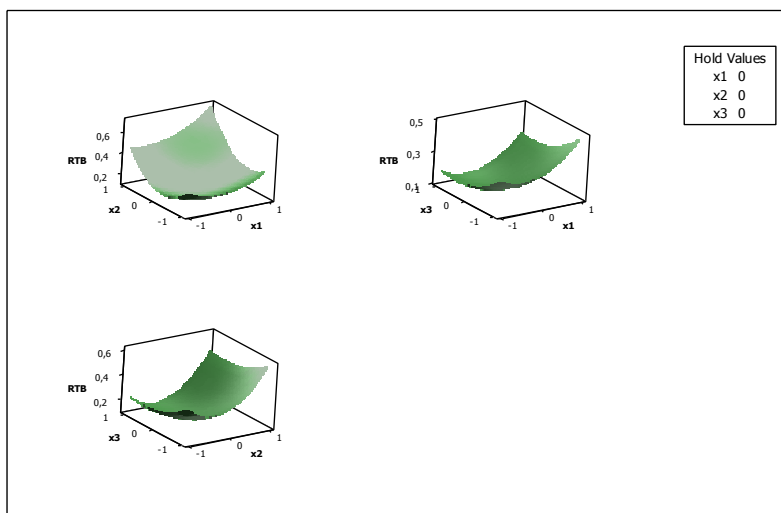
Gambar 4.11 *Surface Plot* LPB



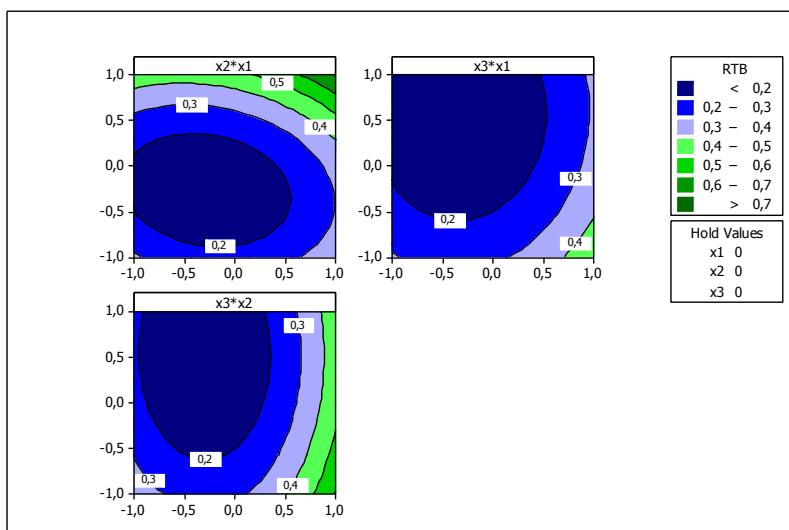
Gambar 4.12 *Contour Plot* LPB

Gambar 4.11 merupakan bentuk permukaan dari interaksi antara faktor-faktor terhadap respon LPB. Gambar 4.11 menunjukkan bahwa penurunan

attenuation (x_3) serta kenaikan daya pancar (x_1) dan panjang gelombang (x_2), menyebabkan terjadinya kenaikan pada nilai LPB dan kebalikannya. Grafik *contour plot* di Gambar 4.12, menunjukkan kombinasi parameter yang saling mempengaruhi nilai respon LPB melalui warna-warna yang berbeda. Garis-garis yang terdiri dari titik-titik pada grafik *contour plot* merupakan kombinasi antara tiga faktor. Kombinasi ini terbentuk dari proporsi faktor yang berbeda-beda dan menghasilkan nilai respon LPB yang sama. Plot pada Gambar 4.12 dan 4.13 belum menunjukkan adanya daerah *stationary point*, sehingga dapat dilakukan pergeseran terhadap level-level dari faktor agar dapat menghasilkan respon yang lebih optimal.



Gambar 4.13 *Surface Plot* RTB



Gambar 4.14 *Contour Plot* RTB

Plot pada Gambar 4.13 dan 4.14 menunjukkan bahwa kenaikan *attenuation* (x_3) serta penurunan daya pancar (x_1) dan panjang gelombang (x_2), menyebabkan terjadinya penurunan nilai RTB dan kebalikannya. Plot pada Gambar 4.13 dan 4.14 juga menunjukkan bahwa terdapat daerah *stationary point* untuk respon RTB, sehingga dapat disimpulkan bahwa kombinasi dari parameter-parameter teknis telah menghasilkan respon RTB yang optimal.

4.3 Optimasi Respon

Pada penelitian ini, optimasi yang digunakan adalah fungsi *desirability*. Fungsi *desirability* digunakan untuk mengoptimasi respon-respon yang bertujuan untuk mendekatkan nilai LPB dan RTB pada nilai target. Optimasi akan dilakukan dengan mentransformasi masing-masing respon \hat{y} , kepada nilai yang diinginkan dan dinotasikan dengan d (*desirability*) dimana $0 \leq d_i \leq 1$. Tabel 4.11 menunjukkan batasan optimasi respon LPB dan RTB, dimana α menyatakan bobot dari respon dan i menyatakan tingkat kepentingan dari respon.

Tabel 4.11 Batasan Optimasi Respon LPB dan RTB

Respon	Tujuan	Batas Bawah	Batas Atas	α	i
LPB	Nominal Terbaik	-27	-9	1	1
RTB	Nominal Terbaik	0	1	1	1

Berdasarkan Tabel 4.11 dan hasil penyusunan model matematis, maka persamaan untuk optimasi respon LPB dan RTB adalah sebagai berikut:

Fungsi tujuan:

Memaksimalkan $D = (d_{LPB} \times d_{RTB})^{1/2}$

Pembatas:

$$\begin{aligned}\hat{y}_{LPB} = & -17,1448 + 1,1650x_1 + 0,9825x_2 - 0,4703x_3 - 1,0553x_1^2 \\ & + 0,4152x_2^2 - 0,4050x_1x_3 - 0,3900x_2x_3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\hat{y}_{RTB} = & 0,150 + 0,07500x_1 + 0,12125x_2 - 0,06875x_3 + 0,11125x_1^2 \\ & + 0,20375x_2^2 + 0,06375x_3^2 + 0,04500x_1x_2\end{aligned}$$

$$d_{LPB} = \left(\frac{\hat{y}_{LPB} - (-27)}{-9 - (-27)} \right) \quad -27 \leq \hat{y}_{LPB} \leq -18$$

$$d_{LPB} = \left(\frac{-9 - \hat{y}_{LPB}}{-9 - (-18)} \right) \quad -18 \leq \hat{y}_{LPB} \leq -27$$

$$d_{\text{RTB}} = \left(\frac{\hat{y}_{\text{RTB}} - 0}{0,5 - 0} \right)^{\alpha_{\text{RTB}}} \quad 0 \leq \hat{y}_{\text{RTB}} \leq 0,5$$

$$d_{\text{RTB}} = \left(\frac{1 - \hat{y}_{\text{RTB}}}{1 - 0,5} \right)^{\alpha_{\text{RTB}}} \quad 0,5 \leq \hat{y}_{\text{RTB}} \leq 1$$

$$\hat{y}_{\text{LPB}} \leq -9$$

$$\hat{y}_{\text{LPB}} \geq -27$$

$$\hat{y}_{\text{RTB}} \leq 1$$

$$\hat{y}_{\text{RTB}} \geq 0$$

$$d \geq 0$$

$$d \leq 1$$

Hasil perhitungan optimasi dengan menggunakan fungsi *desirability* ditunjukkan pada Tabel 4.12.

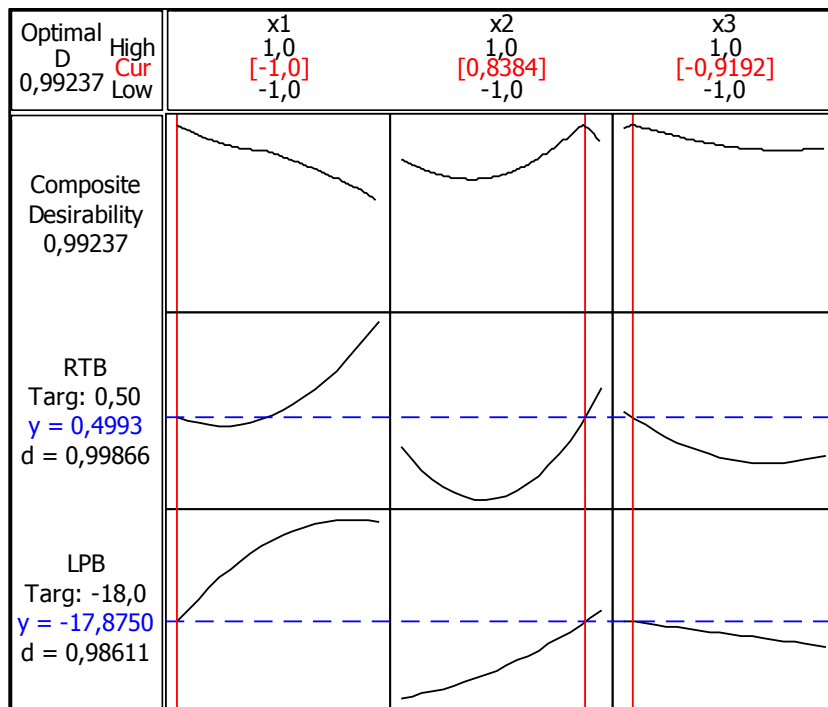
Tabel 4.12 Hasil Optimasi dengan Fungsi *Desirability*

Faktor		Respon		<i>Desirability</i>
Dp	-1	LPB	-17,875	0,986113
Pg	0,838384	RTB	0,499	0,998659
At	-0,919192			

Sumber: Perhitungan Minitab

Gambar 4.15 menunjukkan bahwa optimasi dengan menggunakan fungsi *desirability* menghasilkan nilai respon LPB sebesar -17,875 dan nilai respon RTB sebesar 0,4993 yang diperoleh pada saat nilai D mencapai 0,99237. Pengaturan level-level pada faktor yang mempengaruhi respon LPB dan RTB pada kondisi optimal adalah Dp sebesar -1, Pg sebesar 0,838384 dan At sebesar -0,919192. Untuk mengetahui nilai faktor yang sebenarnya, perlu dilakukan perhitungan transformasi. Hasil perhitungan transformasi disajikan pada Lampiran 6.

Berdasarkan dari perhitungan transformasi faktor, diperoleh pengaturan yang baru, yaitu Dp (x_1) sebesar 1 dBm, Pg (x_2) sebesar 1540 nm dan At (x_3) sebesar 12,242424 dB. Dengan kata lain, untuk menghasilkan nilai respon LPB dan RTB yang memenuhi spesifikasi, perlu dilakukan pengaturan parameter-parameter teknis dengan melakukan seting daya pancar sebesar 1 dBm, panjang gelombang sebesar 1540 nm dan *attenuation* sebesar 12,242424 dB.



Gambar 4.15 Grafik *Desirability*

Gambar 4.15 juga menunjukkan bahwa nilai D mencapai nilai maksimal pada saat nilai faktor berada pada garis berwarna merah. Pada grafik *desirability*, terdapat garis kurva berwarna hitam yang menunjukkan nilai d untuk masing-masing respon, sedangkan garis putus-putus berwarna biru memperlihatkan nilai respon pada saat nilai d tertentu.

4.4 Percobaan Konfirmasi Hasil Optimasi

Percobaan konfirmasi dilakukan dengan menggunakan seting dari hasil optimasi, dimana seting tersebut menghasilkan nilai respon LPB dan RTB yang optimal. Percobaan konfirmasi dilakukan untuk memvalidasi hasil optimasi dan untuk mendapatkan hasil analisis pengendalian proses yang baru. Pengaturan yang digunakan adalah D_p (x_1) sebesar 1 dBm, P_g (x_2) sebesar 1540 nm dan A_t (x_3) sebesar 12,242424 \approx 12,2 dB. Data percobaan konfirmasi disajikan pada Lampiran 7.

4.4.1 Uji *One-Sample T* untuk Percobaan Konfirmasi

Data dari hasil percobaan konfirmasi di uji dengan menggunakan uji *one-sample t*. Hipotesis yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$H_0 : \mu = \mu_0$$

$$H_1 : \mu \neq \mu_0$$

Dengan $\mu_0 = -18$ untuk respon LPB dan $\mu_0 = 0,5$ untuk respon RTB. Level signifikansi yang digunakan adalah $\alpha = 0,05$. Hasil dari pengujian *one-sample t* untuk percobaan konfirmasi ditunjukkan pada Tabel 4.13.

Tabel 4.13 Hasil Uji *One-Sample T* Percobaan Konfirmasi

Keterangan	LPB	RTB
Nilai Taksiran	-18	0,5
<i>Mean sample</i>	-18,240	0,493
<i>P_{value}</i>	0,146	0,664

Tabel 4.13 menunjukkan bahwa nilai P untuk respon LPB dan RTB lebih besar daripada 0,05, maka H_0 gagal ditolak. Dengan kata lain, hasil percobaan konfirmasi untuk respon LPB dan RTB sesuai dengan nilai taksiran. Hasil dari uji *one-sample t* untuk percobaan konfirmasi terhadap respon LPB dan RTB disajikan pada Lampiran 8.

4.4.2 Analisis Pengendalian Proses

Analisis pengendalian proses terhadap respon LPB dan RTB, dilakukan dengan menggunakan peta kendali \bar{x} dan R serta analisis kemampuan proses. Hasil lengkap dari analisis pengendalian proses dengan menggunakan pengaturan level-level yang menghasilkan nilai respon optimal, ditampilkan pada Lampiran 9. Hasil perbandingan analisis pengendalian proses sebelum dan sesudah dilakukan optimasi ditunjukkan pada Tabel 4.14.

Tabel 4.14 Perbandingan Analisis Pengendalian Proses

Item Pembanding	LPB		RTB	
	Awal	Optimasi	Awal	Optimasi
<i>Mean</i>	-21,58	-18,24	0,32	0,50
Deviasi standar	3,19	1,27	0,18	0,12
C_p (kepresisian)	0,98	2,69	0,91	1,67
C_{pk} (keakurasian)	0,59	2,62	0,80	1,65

Sumber: Perhitungan Minitab

Tabel 4.14 menunjukkan bahwa proses transmisi sinyal dengan menggunakan pengaturan level-level dari hasil optimasi, menghasilkan

peningkatan pada nilai C_p dan C_{pk} dibandingkan dengan sebelum dilakukan optimasi. Pengaturan dengan menggunakan level-level dari hasil optimasi menghasilkan rata-rata proses sebesar -18,24 dBm untuk respon LPB dan 0,49 ns untuk respon RTB.

4.5 Perhitungan Biaya Kerugian

Hasil analisis pengendalian proses dengan menggunakan pengaturan level-level dari hasil optimasi, menunjukkan bahwa terdapat penurunan nilai deviasi standar dan terdapat nilai rata-rata yang lebih dekat dengan nilai target. Hal ini menyebabkan terjadinya penurunan pada biaya kerugian. Biaya kerugian dihitung dengan menggunakan persamaan *Taguchi loss function*. Komponen biaya yang akan digunakan pada perhitungan biaya kerugian ditampilkan pada Tabel 4.15.

Tabel 4.15 Komponen Biaya

Komponen Biaya	Biaya (Rp/SSL)
Operasional, pemeliharaan dan jasa telekomunikasi	130.263
Karyawan	56.717
Interkoneksi	13.408
Administrasi dan umum	19.208
Pemasaran	17.217
Total (A_0)	236.813

Sumber: Laporan Keuangan PT TKM Tahun 2016

a. Perhitungan konstanta (k)

$$k = \frac{A_0}{\Delta_0^2}$$

$$A_0 = \text{Rp } 236.813$$

$$A_{0\text{LPB}} = 9$$

$$A_{0\text{RTB}} = 0,5$$

$$k_{0\text{LPB}} = \frac{\text{Rp } 236.813}{9^2} = \text{Rp } 2.923,60$$

$$k_{0\text{RTB}} = \frac{\text{Rp } 236.813}{0,5^2} = \text{Rp } 947,25$$

b . Perhitungan biaya kerugian awal

$$\begin{aligned}
 L_{\text{LPB}} &= k [s_{\text{LPB}}^2 + (\bar{y}_{\text{LPB}} - m_{\text{LPB}})^2] \\
 &= \text{Rp } 2.923,60 [3,19^2 + (-21,58 - (-18))^2] \\
 &= \text{Rp } 67.220,87/\text{SSL}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
L_{RTB} &= k [s_{RTB}^2 + (\bar{y}_{RTB} - m_{RTB})^2] \\
&= \text{Rp } 947,25 [0,18^2 + (0,316 - 0,5)^2] \\
&= \text{Rp } 64.140/\text{SSL}
\end{aligned}$$

c. Perhitungan biaya kerugian menggunakan hasil optimasi

$$\begin{aligned}
L_{LPB} &= k [s_{LPB}^2 + (\bar{y}_{LPB} - m_{LPB})^2] \\
&= \text{Rp } 2.923,60 [1,27^2 + (-18,24 - (-18))^2] \\
&= \text{Rp } 4.861,62/\text{SSL}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
L_{RTB} &= k [s_{RTB}^2 + (\bar{y}_{RTB} - m_{RTB})^2] \\
&= \text{Rp } 947,25 [0,12^2 + (0,50 - 0,5)^2] \\
&= \text{Rp } 13.057/\text{SSL}
\end{aligned}$$

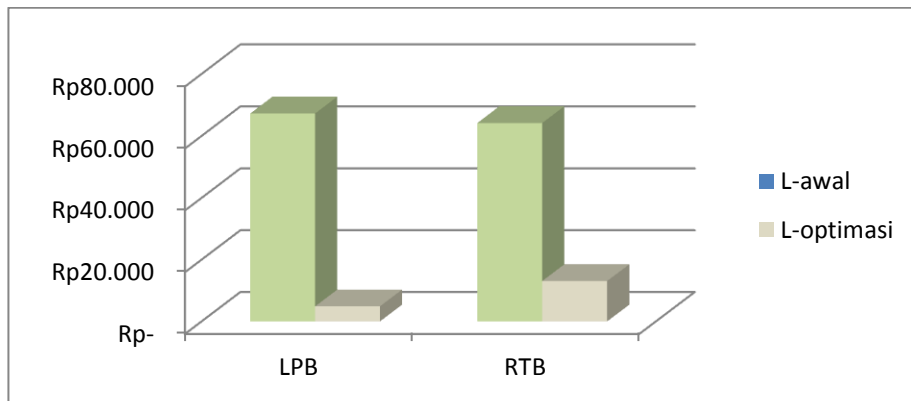
b. Penurunan biaya kerugian

Penurunan biaya kerugian (ΔL) diperoleh dari L_{awal} dikurangi dengan $L_{optimasi}$. Hasil lengkap dari penurunan biaya kerugian ditampilkan pada Tabel 4.16 berikut:

Tabel 4.16 Hasil Lengkap Penurunan Biaya Kerugian

Keterangan	LPB	RTB	Total
L_{awal}	Rp 67.221	Rp 64.140	Rp 131.361
$L_{optimasi}$	Rp 4.862	Rp 13.057	Rp 17.919
ΔL	Rp 62.359	Rp 51.083	Rp 113.442
% ΔL	93%	80%	86%

Tabel 4.16 menunjukkan bahwa penurunan biaya kerugian yang terjadi untuk respon LPB adalah sebesar Rp 62.359/SSL atau 93%, sedangkan untuk respon RTB adalah sebesar Rp 51.083/SSL atau 80%. Penurunan biaya kerugian terjadi dikarenakan nilai C_p dan C_{pk} yang meningkat setelah dilakukan optimasi. Peningkatan nilai C_p atau tingkat kepresisian ini, menunjukkan bahwa sebaran dari distribusi hasil pengukuran proses (σ) lebih kecil dari sebelum dilakukannya optimasi. Selain itu, peningkatan nilai C_{pk} atau tingkat keakurasian menunjukkan bahwa *mean* dari proses sudah mendekati nilai target. Grafik penurunan biaya kerugian pada saat proses transmisi sinyal dengan menggunakan pengaturan level-level awal dan pengaturan level-level dari hasil optimasi ditunjukkan pada Gambar 4.16 berikut:



Gambar 4.16 Grafik Penurunan Biaya Kerugian

4.6 Pembahasan

Nilai pengaturan dari level-level untuk ketiga faktor sebelum dilakukan optimasi adalah D_p sebesar 3 dBm, P_g sebesar 1550 nm dan A_t sebesar 18 dB. Sementara itu, nilai pengaturan dari level-level untuk ketiga faktor setelah dilakukan optimasi adalah D_p sebesar 1 dBm, P_g sebesar 1540 nm dan A_t sebesar 12,2 dB. Nilai pengaturan dari ketiga faktor mengalami penurunan setelah dilakukan optimasi. Penurunan nilai pada parameter D_p dan P_g menyebabkan terjadinya penurunan pemakaian daya di sentral, sehingga mengakibatkan berkurangnya biaya operasional yang digunakan oleh perusahaan. Penurunan nilai pada parameter A_t menyebabkan terjadinya peningkatan kualitas sinyal di jaringan FTTH. Penurunan nilai yang terjadi pada parameter A_t juga mengakibatkan berkurangnya pelemahan sinyal yang terjadi selama proses transmisi. Hal ini berdampak pada berkurangnya gangguan selama proses transmisi sinyal dan secara tidak langsung dapat mengurangi biaya pemeliharaan.

Hasil analisis pengendalian proses yang telah ditunjukkan sebelumnya pada Tabel 4.14, menyatakan bahwa nilai C_p dan C_{pk} untuk proses transmisi sinyal dengan menggunakan pengaturan level-level dari hasil optimasi, mengalami peningkatan dari sebelum dilakukan optimasi. Peningkatan nilai C_p dan C_{pk} menunjukkan bahwa sebaran dari distribusi hasil pengukuran proses (σ) lebih kecil dari sebelum optimasi dan *mean* dari proses sudah mendekati nilai target. Proses transmisi sinyal di jaringan FTTH dengan menggunakan pengaturan level-level dari hasil optimasi, menghasilkan *mean* proses sebesar -18,24 dBm untuk

LPB dan 0,49 ns untuk RTB, serta deviasi standar sebesar 1,27 untuk LPB dan 0,12 untuk RTB.

Proses transmisi sinyal yang menggunakan pengaturan level-level dari hasil optimasi, menghasilkan penurunan biaya kerugian yang sangat signifikan. Penurunan biaya kerugian untuk respon LPB adalah sebesar Rp 62.359/SSL atau 93%, sedangkan untuk RTB adalah sebesar Rp 51.083/SSL atau 80%. Penurunan biaya kerugian total adalah sebesar Rp 113.442/SSL atau 86%. Penurunan biaya kerugian ini disebabkan oleh proses transmisi sinyal dengan menggunakan pengaturan level-level dari hasil optimasi, memiliki nilai variansi yang lebih kecil dan nilai rata-rata yang mendekati target. Hal ini berdampak pada berkurangnya layanan yang mengalami gangguan, dimana secara tidak langsung akan terjadi penghematan terhadap biaya operasional dan biaya pemeliharaan.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengolahan dan analisis data, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Parameter teknis FTTH (daya pancar (D_p), panjang gelombang (P_g) dan *attenuation* (A_t)) mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap *output* respon LPB dan RTB. Persamaan regresi yang menunjukkan D_p (x_1), P_g (x_2) dan A_t (x_3) memiliki pengaruh yang signifikan terhadap respon LPB dan RTB adalah sebagai berikut:

$$\hat{y}_{LPB} = -17,1448 + 1,1650x_1 + 0,9825x_2 - 0,4703x_3 - 1,0553x_1^2 + 0,4152x_2^2 - 0,4050x_1x_3 - 0,3900x_2x_3$$

$$\hat{y}_{RTB} = 0,150 + 0,07500x_1 + 0,12125x_2 - 0,06875x_3 + 0,11125x_1^2 + 0,20375x_2^2 + 0,06375x_3^2 + 0,04500x_1x_2$$

2. Pengaturan level-level dari parameter teknis FTTH yang menghasilkan nilai respon LPB dan RTB yang optimal adalah D_p sebesar 1 dBm, P_g sebesar 1540 nm dan A_t sebesar 12,2 dB.
3. Penurunan biaya kerugian total adalah sebesar Rp 113.442/SSL atau 86% dari biaya kerugian sebelum dilakukannya optimasi terhadap respon.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil analisis dan kesimpulan, maka dapat disusun rekomendasi untuk penelitian yang akan datang, yaitu sebagai berikut:

1. Perlu diperhatikan karakteristik kualitas lainnya, sehingga kualitas jaringan FTTH dapat ditingkatkan.
2. Perlu diperhatikan pergeseran level-level tiap faktor agar respon lebih optimal.
3. Penggunaan metode optimasi lainnya yang dapat meningkatkan hasil optimasi.

HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN

DAFTAR PUSTAKA

- Box, G. E. P. dan Draper, N. R. (1987), *Empirical Model Building and Response Surfaces*, John Wiley and Sons, New York.
- Chuang, M. T., Yang, Y. K., dan Hsiao, Y. H. (2009), “Modeling and optimization of injection molding process parameters for thin-shell plastic parts PolymPlast,” *Technol Engng*, Vol. 48, No. 7, hal 745-753.
- Derringer, G., dan Suich, R. (1980), “Simultaneous optimization of several response variables,” *Journal of Quality Technology*, Vol 12, No. 4, hal 214-219.
- Fujikura, A. (2001), *Reliability of Fiber Optic Cable Systems: Buried Fiber Optic Cable, Optical Groundwire Cable All Dielectric, Self Supporting Cable*, Fujikura Alcoa LTD, New York.
- Gaspersz, Vincent. (1998), *Statistical Process Control*, Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Hanafiah, K. (2003), *Rancangan Percobaan Teori dan Aplikasi*, PT Raja Grafindo Persada, Jakarta.
- Iriawan, N., Astuti, S. P. (2006), *Mengolah Data Statistik dengan Mudah Menggunakan Minitab 14*, Andi, Yogyakarta.
- International Telecommunication Union (2009), *Optical fibres, cables and systems*, Place des Nations, Switzerland.
- Keiser, G. (1991), *Optical Fiber Communications*, The McGraw Hill Companies, Inc, Singapura.
- Kolarik, W. J. (1995), *Creating Quality Concepts, System, Strategies, and Tools*, McGraw-Hill, Singapura.
- Kung, K. Y. and Chiang, K. T. (2008), “Modeling and analysis of machinability evaluation in the wire electrical discharge machining (WEDM) process of aluminum oxide-based ceramic,” *Journal of Material Manufacturing Process*, Vol. 23, hal. 241–250.
- MarkPlus, I. (2014), *Indonesia Internet Users Survey 2014*, MarkPlus Insight, Jakarta.

- Montgomery, D. C. (2009), *Design and Analysis of Experiments*, 7th edition, John Wiley and Sons, Inc., New York.
- Myers, R. H., Montgomery, D. C., Anderson, C. M. (2009), *Response Surface Methodology Process and Product Optimization Using Experiment*, 3rd edition, John Wiley and Sons, Inc., Canada.
- Ross, P. J. (1996), *Taguchi Techniques for Quality Engineering*, 2nd edition, McGraw-Hill, Singapura.
- Santoso, T. B. (2001), *Analisis Kualitas Redaman Serat Optik Untuk Meningkatkan Kinerja Sistem Telekomunikasi Dengan Menggunakan Doe*, Tesis, Universitas Indonesia, Jakarta.
- Saputra, R. N. (2016), *Optimasi Multirespon dengan Menggunakan Metode Response Surface dan Desiberability Function Pada Proses Pres Kremaik Untuk Mengurangi Biaya Kerugian*, Tesis yang tidak dipublikasikan, MMT-ITS, Surabaya.
- Sugiono. (2013), *Metode Penelitian Pendidikan (Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif dan R&D)*, Alfabeta, Bandung.
- Sukram. (2016), *Optimasi Perbedaan Warna dan Kilap Cat Bubuk Menggunakan Metode Permukaan Respon*, Tesis yang tidak dipublikasikan, MMT-ITS, Surabaya.
- Tejo, A. A. (2007), *Optimasi Kinerja BTS pada Jaringan Radio Seluler Dengan Metode Multiple Responce di PT. Indosat*, Tesis yang tidak dipublikasikan, MMT-ITS, Surabaya.
- Telkom Indonesia, PT. (2012), Modul 1 - Overview Jaringan FTTx, Modul Training, PT. Telkom Indonesia, Jakarta.
- Tzeng, C. J. dan Yang, Y. K. (2008), "Determination of optimal parameters for SKD11 CNC turning process," *Journal of Mater. Mfg Process*, Vol. 23, hal 363-368.
- Wu, C. F. J., Hamada, M. (2000), *Experiments Planning, Analysis, and Parameter Design Optimization*, John Wiley and Sons, Inc., New York.
- Yang, K., El-Halik, B. (2003), *Design for Six Sigma*, McGraw-Hill, New York.

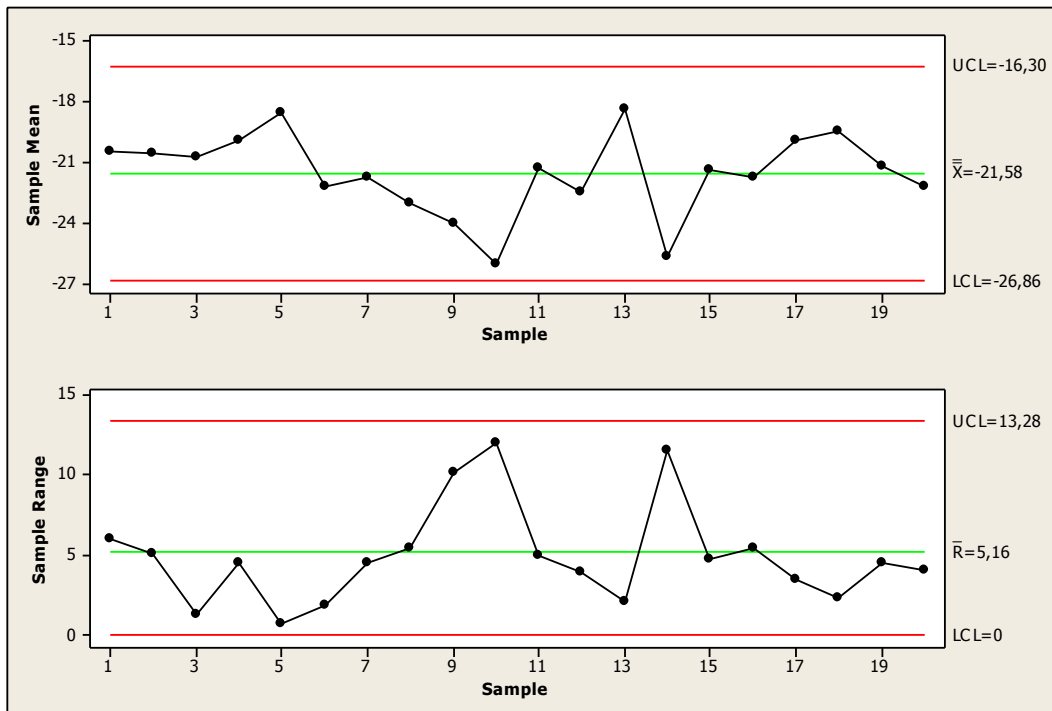
LAMPIRAN 1

Data Lengkap Pengukuran Awal

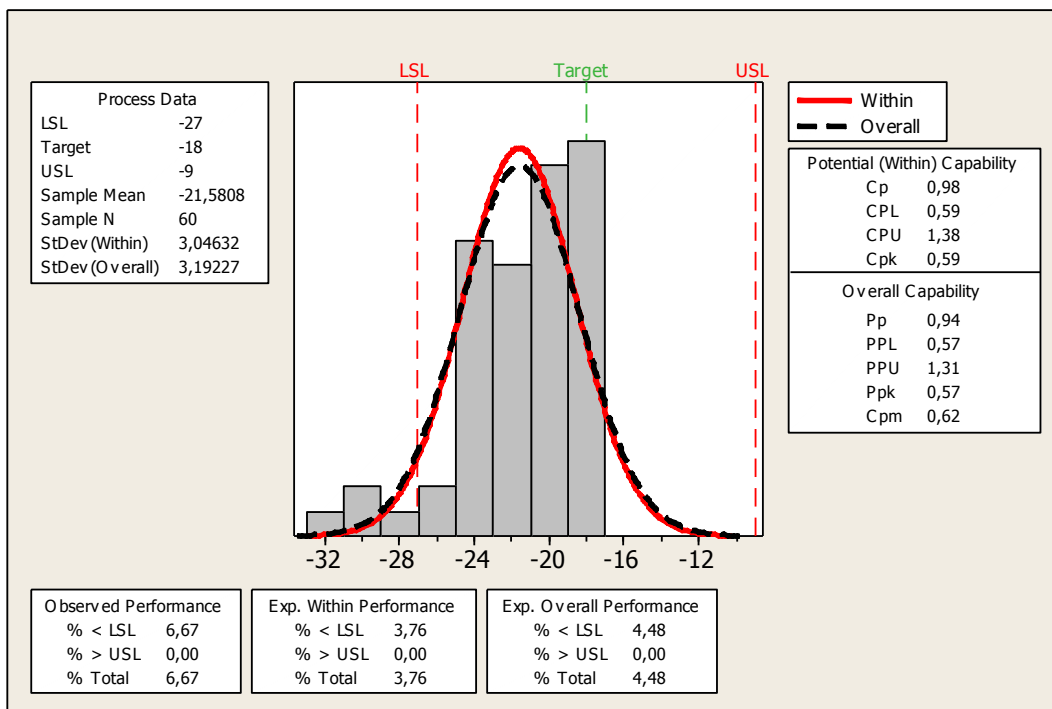
Hasil Pengukuran LPB

Hasil Pengukuran LPB			
Sampel	LPB1	LPB2	LPB3
1	-24,43	-18,57	-18,50
2	-18,69	-23,79	-19,20
3	-20,14	-21,45	-20,70
4	-22,45	-18,00	-19,55
5	-18,70	-18,23	-18,98
6	-23,34	-21,78	-21,55
7	-24,65	-20,22	-20,55
8	-23,32	-25,60	-20,22
9	-20,21	-21,65	-30,34
10	-32,22	-25,50	-20,30
11	-23,43	-22,12	-18,50
12	-20,34	-23,00	-24,21
13	-18,43	-19,42	-17,32
14	-30,21	-18,70	-28,20
15	-23,23	-18,50	-22,40
16	-18,42	-23,11	-23,77
17	-19,43	-18,54	-21,99
18	-20,65	-18,33	-19,42
19	-21,67	-23,22	-18,70
20	-22,34	-20,21	-24,21

Peta kendali \bar{X} dan R dari LPB dengan pengaturan awal



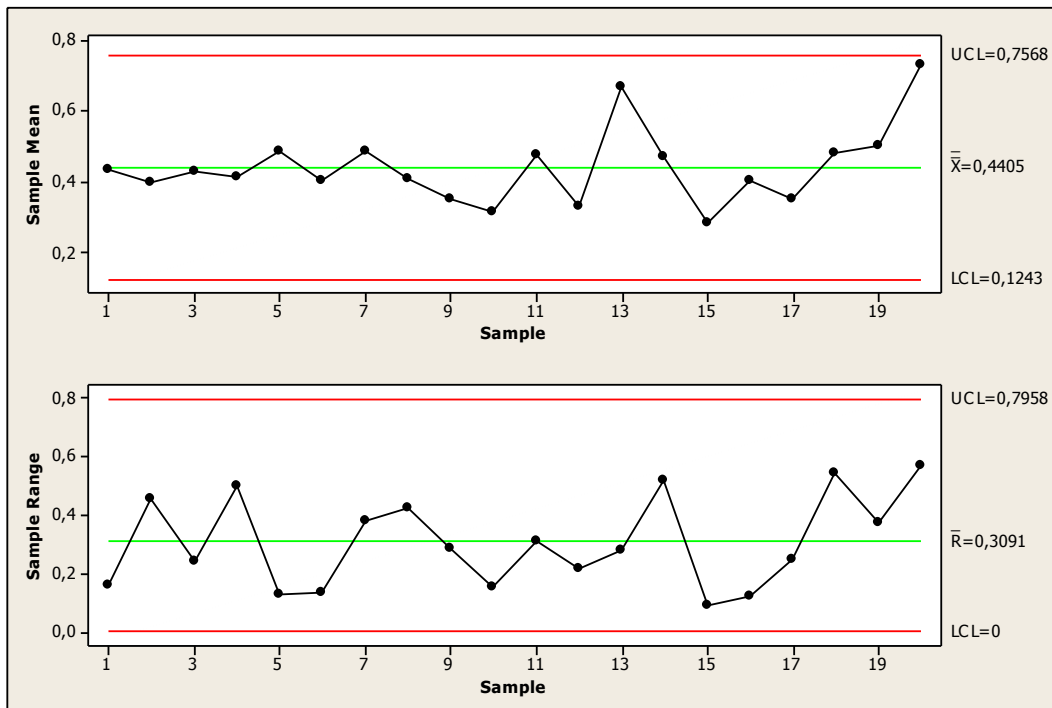
Analisis Kemampuan Proses dari LPB dengan pengaturan awal



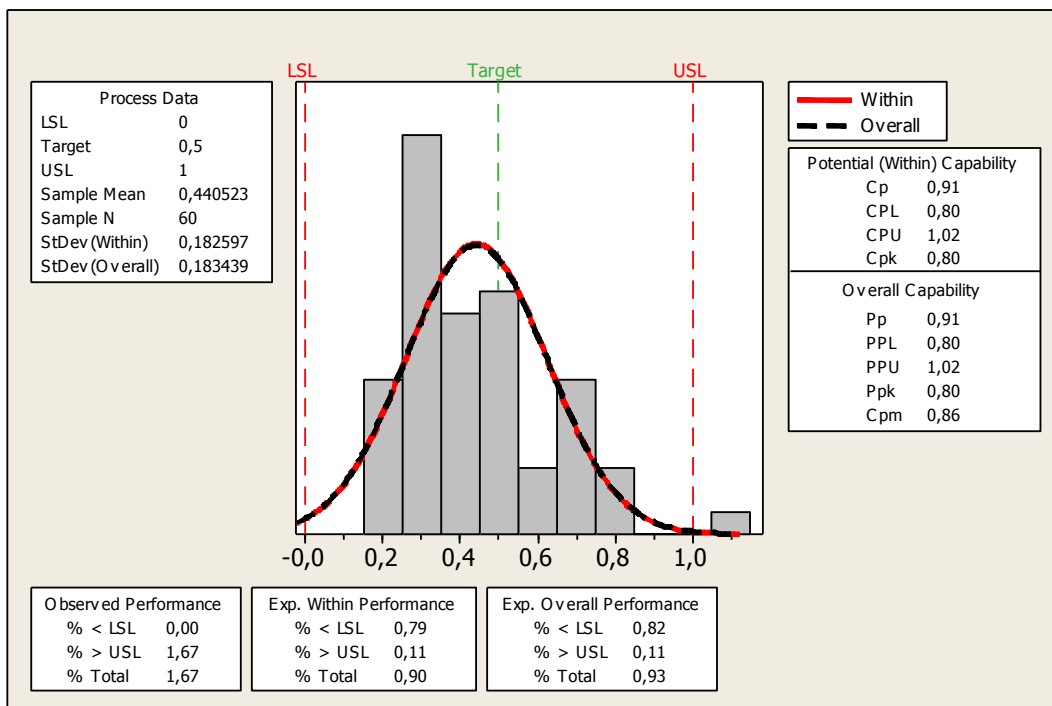
Hasil Pengukuran RTB

Hasil Pengukuran RTB			
Sampel	RTB1	RTB2	RTB3
1	0,49	0,33	0,48
2	0,25	0,25	0,70
3	0,32	0,56	0,41
4	0,70	0,34	0,20
5	0,46	0,57	0,44
6	0,45	0,44	0,31
7	0,69	0,31	0,46
8	0,25	0,30	0,67
9	0,21	0,34	0,50
10	0,24	0,39	0,31
11	0,35	0,42	0,66
12	0,29	0,24	0,46
13	0,78	0,50	0,72
14	0,76	0,41	0,24
15	0,30	0,23	0,32
16	0,43	0,45	0,33
17	0,30	0,25	0,50
18	0,38	0,25	0,80
19	0,70	0,33	0,47
20	0,53	0,56	1,10

Peta kendali \bar{X} dan R dari RTB dengan pengaturan awal



Analisis Kemampuan Proses dari RTB dengan pengaturan awal



LAMPIRAN 2

Peta Lokasi Penelitian



LAMPIRAN 3

Uji Individu LPB dan RTB

a. Nilai Estimasi Koefisien Regresi untuk LPB

Response Surface Regression: LPB versus x1; x2; x3

The analysis was done using uncoded units.

Estimated Regression Coefficients for LPB

Term	Coef	SE Coef	T	P
Constant	-17,0310	0,14504	-117,419	0,000
x1	1,1650	0,08882	13,116	0,000
x2	0,9825	0,08882	11,062	0,000
x3	-0,4703	0,08882	-5,294	0,003
x1*x1	-1,0677	0,13074	-8,167	0,000
x2*x2	0,4027	0,13074	3,081	0,027
x3*x3	-0,1623	0,13074	-1,241	0,270
x1*x2	0,2450	0,12561	1,950	0,109
x1*x3	-0,4050	0,12561	-3,224	0,023
x2*x3	-0,3900	0,12561	-3,105	0,027

S = 0,251225 PRESS = 3,58613
R-Sq = 98,84% R-Sq(pred) = 86,86% R-Sq(adj) = 96,76%

Analysis of Variance for LPB

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Regression	9	26,9859	26,9859	2,9984	47,51	0,000
Linear	3	20,3493	20,3493	6,7831	107,47	0,000
x1	1	10,8578	10,8578	10,8578	172,03	0,000
x2	1	7,7224	7,7224	7,7224	122,36	0,000
x3	1	1,7691	1,7691	1,7691	28,03	0,003
Square	3	5,1320	5,1320	1,7107	27,10	0,002
x1*x1	1	4,3944	4,2096	4,2096	66,70	0,000
x2*x2	1	0,6404	0,5989	0,5989	9,49	0,027
x3*x3	1	0,0972	0,0972	0,0972	1,54	0,270
Interaction	3	1,5046	1,5046	0,5015	7,95	0,024
x1*x2	1	0,2401	0,2401	0,2401	3,80	0,109
x1*x3	1	0,6561	0,6561	0,6561	10,40	0,023
x2*x3	1	0,6084	0,6084	0,6084	9,64	0,027
Residual Error	5	0,3156	0,3156	0,0631		
Lack-of-Fit	3	0,2092	0,2092	0,0697	1,31	0,460
Pure Error	2	0,1064	0,1064	0,0532		
Total	14	27,3015				

b. Nilai Estimasi Koefisien Regresi untuk LPB Setelah Koefisien x_3^2 yang Tidak Signifikan dihilangkan

Response Surface Regression: LPB versus x_1 ; x_2 ; x_3

The analysis was done using uncoded units.

Estimated Regression Coefficients for LPB

Term	Coef	SE Coef	T	P
Constant	-17,1308	0,12600	-135,960	0,000
x_1	1,1650	0,09273	12,563	0,000
x_2	0,9825	0,09273	10,595	0,000
x_3	-0,4703	0,09273	-5,071	0,002
x_1^2	-1,0553	0,13609	-7,754	0,000
x_2^2	0,4152	0,13609	3,051	0,022
x_1x_2	0,2450	0,13114	1,868	0,111
x_1x_3	-0,4050	0,13114	-3,088	0,021
x_2x_3	-0,3900	0,13114	-2,974	0,025

S = 0,262288 PRESS = 3,15050

R-Sq = 98,49% R-Sq(pred) = 88,46% R-Sq(adj) = 96,47%

Analysis of Variance for LPB

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Regression	8	26,8887	26,8887	3,3611	48,86	0,000
Linear	3	20,3493	20,3493	6,7831	98,60	0,000
x_1	1	10,8578	10,8578	10,8578	157,83	0,000
x_2	1	7,7224	7,7224	7,7224	112,25	0,000
x_3	1	1,7691	1,7691	1,7691	25,72	0,002
Square	2	5,0348	5,0348	2,5174	36,59	0,000
x_1^2	1	4,3944	4,1362	4,1362	60,12	0,000
x_2^2	1	0,6404	0,6404	0,6404	9,31	0,022
Interaction	3	1,5046	1,5046	0,5015	7,29	0,020
x_1x_2	1	0,2401	0,2401	0,2401	3,49	0,111
x_1x_3	1	0,6561	0,6561	0,6561	9,54	0,021
x_2x_3	1	0,6084	0,6084	0,6084	8,84	0,025
Residual Error	6	0,4128	0,4128	0,0688		
Lack-of-Fit	4	0,3064	0,3064	0,0766	1,44	0,449
Pure Error	2	0,1064	0,1064	0,0532		
Total	14	27,3015				

c. Nilai Estimasi Koefisien Regresi untuk LPB Setelah Koefisien $x_1 \times x_2$ yang Tidak Signifikan dihilangkan

Response Surface Regression: LPB versus x_1 ; x_2 ; x_3

The analysis was done using uncoded units.

Estimated Regression Coefficients for LPB

Term	Coef	SE Coef	T	P
Constant	-17,1308	0,1467	-116,768	0,000
x_1	1,1650	0,1080	10,790	0,000
x_2	0,9825	0,1080	9,099	0,000
x_3	-0,4703	0,1080	-4,355	0,003
$x_1 \times x_1$	-1,0553	0,1585	-6,659	0,000
$x_2 \times x_2$	0,4152	0,1585	2,620	0,034
$x_1 \times x_3$	-0,4050	0,1527	-2,652	0,033
$x_2 \times x_3$	-0,3900	0,1527	-2,554	0,038

S = 0,305397 PRESS = 3,00072
R-Sq = 97,61% R-Sq(pred) = 89,01% R-Sq(adj) = 95,22%

Analysis of Variance for LPB

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Regression	7	26,6486	26,6486	3,8069	40,82	0,000
Linear	3	20,3493	20,3493	6,7831	72,73	0,000
x_1	1	10,8578	10,8578	10,8578	116,42	0,000
x_2	1	7,7224	7,7224	7,7224	82,80	0,000
x_3	1	1,7691	1,7691	1,7691	18,97	0,003
Square	2	5,0348	5,0348	2,5174	26,99	0,001
$x_1 \times x_1$	1	4,3944	4,1362	4,1362	44,35	0,000
$x_2 \times x_2$	1	0,6404	0,6404	0,6404	6,87	0,034
Interaction	2	1,2645	1,2645	0,6322	6,78	0,023
$x_1 \times x_3$	1	0,6561	0,6561	0,6561	7,03	0,033
$x_2 \times x_3$	1	0,6084	0,6084	0,6084	6,52	0,038
Residual Error	7	0,6529	0,6529	0,0933		
Lack-of-Fit	5	0,5465	0,5465	0,1093	2,05	0,359
Pure Error	2	0,1064	0,1064	0,0532		
Total	14	27,3015				

Unusual Observations for LPB

Obs	StdOrder	LPB	Fit	SE Fit	Residual	St Resid
5	1	-19,451	-19,918	0,203	0,467	2,05 R

R denotes an observation with a large standardized residual.

a. Nilai Estimasi Koefisien Regresi untuk RTB

Response Surface Regression: RTB versus x1; x2; x3

The analysis was done using uncoded units.

Estimated Regression Coefficients for RTB

Term	Coef	SE Coef	T	P
Constant	0,150000	0,010083	14,877	0,000
x1	0,075000	0,006175	12,147	0,000
x2	0,121250	0,006175	19,637	0,000
x3	-0,068750	0,006175	-11,134	0,000
x1*x1	0,111250	0,009089	12,240	0,000
x2*x2	0,203750	0,009089	22,418	0,000
x3*x3	0,063750	0,009089	7,014	0,001
x1*x2	0,045000	0,008732	5,153	0,004
x1*x3	-0,010000	0,008732	-1,145	0,304
x2*x3	0,002500	0,008732	0,286	0,786

S = 0,0174642 PRESS = 0,02165

R-Sq = 99,62% R-Sq(pred) = 94,64% R-Sq(adj) = 98,94%

Analysis of Variance for RTB

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Regression	9	0,402515	0,402515	0,044724	146,64	0,000
Linear	3	0,200425	0,200425	0,066808	219,04	0,000
x1	1	0,045000	0,045000	0,045000	147,54	0,000
x2	1	0,117613	0,117613	0,117613	385,61	0,000
x3	1	0,037813	0,037813	0,037813	123,98	0,000
Square	3	0,193565	0,193565	0,064522	211,55	0,000
x1*x1	1	0,031697	0,045698	0,045698	149,83	0,000
x2*x2	1	0,146862	0,153283	0,153283	502,57	0,000
x3*x3	1	0,015006	0,015006	0,015006	49,20	0,001
Interaction	3	0,008525	0,008525	0,002842	9,32	0,017
x1*x2	1	0,008100	0,008100	0,008100	26,56	0,004
x1*x3	1	0,000400	0,000400	0,000400	1,31	0,304
x2*x3	1	0,000025	0,000025	0,000025	0,08	0,786
Residual Error	5	0,001525	0,001525	0,000305		
Lack-of-Fit	3	0,001325	0,001325	0,000442	4,42	0,190
Pure Error	2	0,000200	0,000200	0,000100		
Total	14	0,404040				

b. Nilai Estimasi Koefisien Regresi untuk RTB Setelah Koefisien x1*x3 yang Tidak Signifikan dihilangkan

Response Surface Regression: RTB versus x1; x2; x3

The analysis was done using uncoded units.

Estimated Regression Coefficients for RTB

Term	Coef	SE Coef	T	P
Constant	0,150000	0,010341	14,505	0,000

x1	0,075000	0,006333	11,843	0,000
x2	0,121250	0,006333	19,146	0,000
x3	-0,068750	0,006333	-10,856	0,000
x1*x1	0,111250	0,009322	11,935	0,000
x2*x2	0,203750	0,009322	21,858	0,000
x3*x3	0,063750	0,009322	6,839	0,000
x1*x2	0,045000	0,008956	5,025	0,002
x2*x3	0,002500	0,008956	0,279	0,790

S = 0,0179118 PRESS = 0,021375
R-Sq = 99,52% R-Sq(pred) = 94,71% R-Sq(adj) = 98,89%

Analysis of Variance for RTB

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Regression	8	0,402115	0,402115	0,050264	156,67	0,000
Linear	3	0,200425	0,200425	0,066808	208,23	0,000
x1	1	0,045000	0,045000	0,045000	140,26	0,000
x2	1	0,117613	0,117613	0,117613	366,58	0,000
x3	1	0,037813	0,037813	0,037813	117,86	0,000
Square	3	0,193565	0,193565	0,064522	201,11	0,000
x1*x1	1	0,031697	0,045698	0,045698	142,44	0,000
x2*x2	1	0,146862	0,153283	0,153283	477,76	0,000
x3*x3	1	0,015006	0,015006	0,015006	46,77	0,000
Interaction	2	0,008125	0,008125	0,004062	12,66	0,007
x1*x2	1	0,008100	0,008100	0,008100	25,25	0,002
x2*x3	1	0,000025	0,000025	0,000025	0,08	0,790
Residual Error	6	0,001925	0,001925	0,000321		
Lack-of-Fit	4	0,001725	0,001725	0,000431	4,31	0,197
Pure Error	2	0,000200	0,000200	0,000100		
Total	14	0,404040				

c. Nilai Estimasi Koefisien Regresi untuk RTB Setelah Koefisien x2*x3 yang Tidak Signifikan dihilangkan

Response Surface Regression: RTB versus x1; x2; x3

The analysis was done using uncoded units.

Estimated Regression Coefficients for RTB

Term	Coef	SE Coef	T	P
Constant	0,15000	0,009636	15,566	0,000
x1	0,07500	0,005901	12,710	0,000
x2	0,12125	0,005901	20,547	0,000
x3	-0,06875	0,005901	-11,651	0,000
x1*x1	0,11125	0,008686	12,808	0,000
x2*x2	0,20375	0,008686	23,457	0,000
x3*x3	0,06375	0,008686	7,339	0,000
x1*x2	0,04500	0,008345	5,392	0,001

S = 0,0166905 PRESS = 0,014725
R-Sq = 99,52% R-Sq(pred) = 96,36% R-Sq(adj) = 99,03%

Analysis of Variance for RTB

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Regression	7	0,402090	0,402090	0,057441	206,20	0,000
Linear	3	0,200425	0,200425	0,066808	239,82	0,000
x1	1	0,045000	0,045000	0,045000	161,54	0,000
x2	1	0,117613	0,117613	0,117613	422,20	0,000
x3	1	0,037813	0,037813	0,037813	135,74	0,000
Square	3	0,193565	0,193565	0,064522	231,62	0,000
x1*x1	1	0,031697	0,045698	0,045698	164,04	0,000
x2*x2	1	0,146862	0,153283	0,153283	550,25	0,000
x3*x3	1	0,015006	0,015006	0,015006	53,87	0,000
Interaction	1	0,008100	0,008100	0,008100	29,08	0,001
x1*x2	1	0,008100	0,008100	0,008100	29,08	0,001
Residual Error	7	0,001950	0,001950	0,000279		
Lack-of-Fit	5	0,001750	0,001750	0,000350	3,50	0,237
Pure Error	2	0,000200	0,000200	0,000100		
Total	14	0,404040				

LAMPIRAN 4

Hasil Uji *One Sample T*

One-Sample T: LPB

Test of mu = -17,1448 vs not = -17,1448

Variable	N	Mean	StDev	SE Mean	95% CI	T	P
LPB	10	-17,236	0,667	0,211	(-17,713; -16,759)	-0,43	0,676

One-Sample T: RTB

Test of mu = 0,15 vs not = 0,15

Variable	N	Mean	StDev	SE Mean	95% CI	T	P
RTB	10	0,1750	0,0392	0,0124	(0,1469; 0,2031)	2,02	0,075

LAMPIRAN 5

Hasil Optimasi dengan Fungsi *Desirability*

Response Optimization

Parameters

	Goal	Lower	Target	Upper	Weight	Import
RTB	Target	0	0,5	1	1	1
LPB	Target	-27	-18,0	-9	1	1

Global Solution

x1 = -1
x2 = 0,838384
x3 = -0,919192

Predicted Responses

RTB = 0,4993 , desirability = 0,998659
LPB = -17,8750 , desirability = 0,986113

Composite Desirability = 0,992366

LAMPIRAN 6

Perhitungan Transformasi Nilai Faktor

a. Dp

$$x_i = -1$$

$$x_{\max} = 5$$

$$x_{\min} = 1$$

$$x_i = \frac{x_{\text{real}} - \left(\frac{x_{\max} + x_{\min}}{2} \right)}{\frac{x_{\max} - x_{\min}}{2}}$$

$$-1 = \frac{x_{\text{real}} - \left(\frac{5+1}{2} \right)}{\frac{5-1}{2}}$$

$$x_{\text{real}} = 1$$

b. Pg

$$x_i = 0,838384$$

$$x_{\max} = 1550$$

$$x_{\min} = 1430$$

$$x_i = \frac{x_{\text{real}} - \left(\frac{x_{\max} + x_{\min}}{2} \right)}{\frac{x_{\max} - x_{\min}}{2}}$$

$$0,838384 = \frac{x_{\text{real}} - \left(\frac{1550+1430}{2} \right)}{\frac{1550-1430}{2}}$$

$$x_{\text{real}} = 1540,30$$

c. At

$$x_i = -0,919192$$

$$x_{\max} = 18$$

$$x_{\min} = 12$$

$$x_i = \frac{x_{\text{real}} - \left(\frac{x_{\max} + x_{\min}}{2} \right)}{\frac{x_{\max} - x_{\min}}{2}}$$

$$-0,919192 = \frac{x_{\text{real}} - (\frac{18+12}{2})}{\frac{18-12}{2}}$$

$$x_{\text{real}} = 12,242424$$

LAMPIRAN 7

Data Hasil Konfirmasi

Sampel	LPB1	LPB2	LPB3	RTB1	RTB2	RTB3
1	-17,55	-17,00	-18,67	0,33	0,55	0,51
2	-18,00	-18,20	-18,90	0,32	0,42	0,52
3	-18,19	-17,20	-19,50	0,39	0,29	0,37
4	-19,20	-20,00	-20,60	0,51	0,62	0,61
5	-17,46	-18,50	-18,90	0,38	0,51	0,50
6	-17,87	-17,80	-18,90	0,35	0,40	0,58
7	-21,10	-18,20	-18,90	0,65	0,64	0,52
8	-17,34	-17,50	-18,60	0,23	0,45	0,50
9	-17,76	-16,50	-20,32	0,65	0,58	0,40
10	-21,20	-20,30	-17,60	0,44	0,65	0,59
11	-16,67	-16,00	-16,90	0,43	0,30	0,54
12	-18,50	-17,10	-17,20	0,69	0,53	0,62
13	-17,33	-17,00	-16,80	0,59	0,50	0,66
14	-18,32	-16,30	-17,60	0,45	0,29	0,37
15	-19,80	-19,70	-19,50	0,43	0,39	0,39
16	-19,01	-18,40	-18,00	0,58	0,41	0,48
17	-18,20	-20,40	-15,80	0,59	0,45	0,48
18	-18,20	-19,50	-17,70	0,58	0,65	0,46
19	-16,30	-18,90	-18,70	0,40	0,68	0,34
20	-18,22	-17,00	-17,60	0,63	0,56	0,66

LAMPIRAN 8

Hasil Uji *One Sample-T* Data Konfirmasi

One-Sample T: LPB

Test of mu = -18 vs not = -18

Variable	N	Mean	StDev	SE Mean	95% CI	T	P
LPB	60	-18,240	1,262	0,163	(-18,566; -17,914)	-1,47	0,146

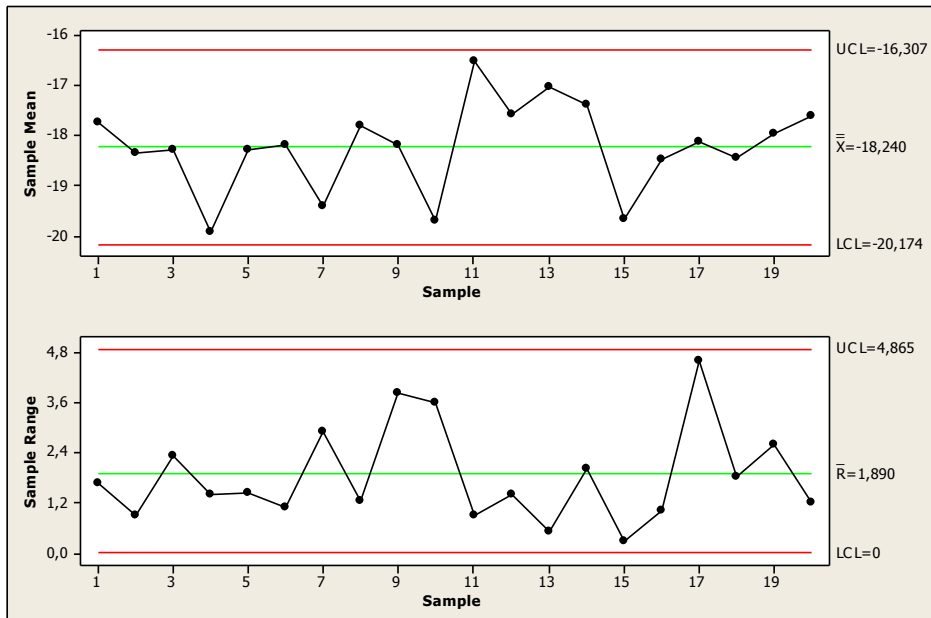
One-Sample T: RTB

Test of mu = 0,5 vs not = 0,5

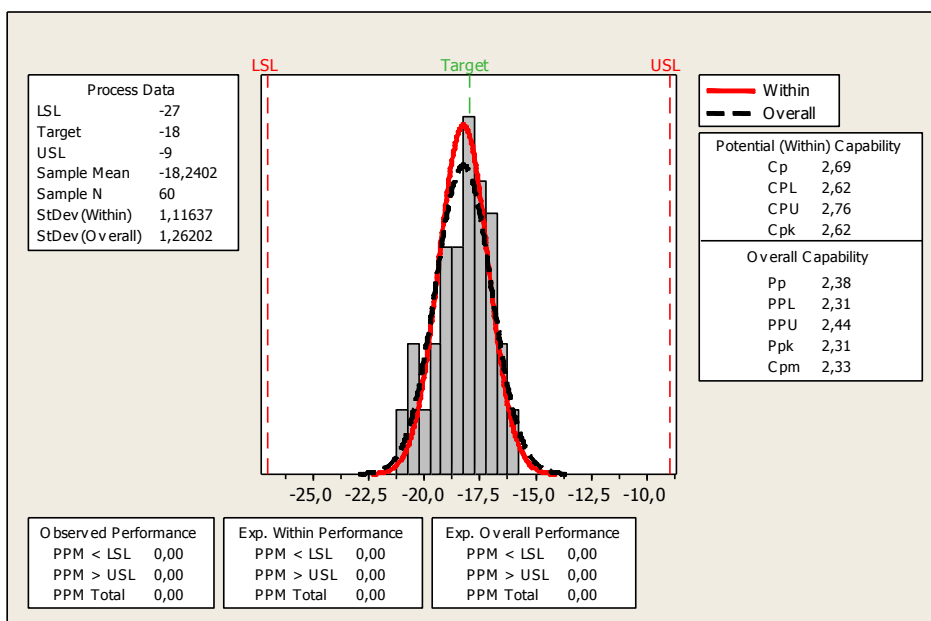
Variable	N	Mean	StDev	SE Mean	95% CI	T	P
RTB	60	0,4934	0,1173	0,0151	(0,4631; 0,5237)	-0,44	0,664

LAMPIRAN 9

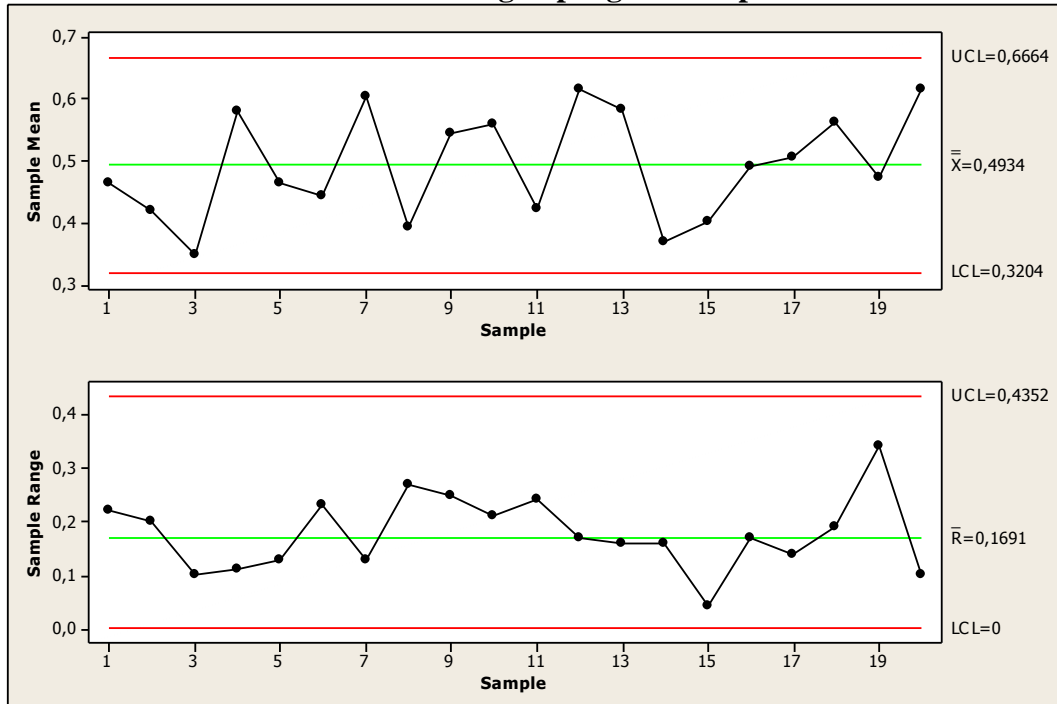
Peta kendali \bar{X} dan R dari LPB dengan pengaturan optimasi



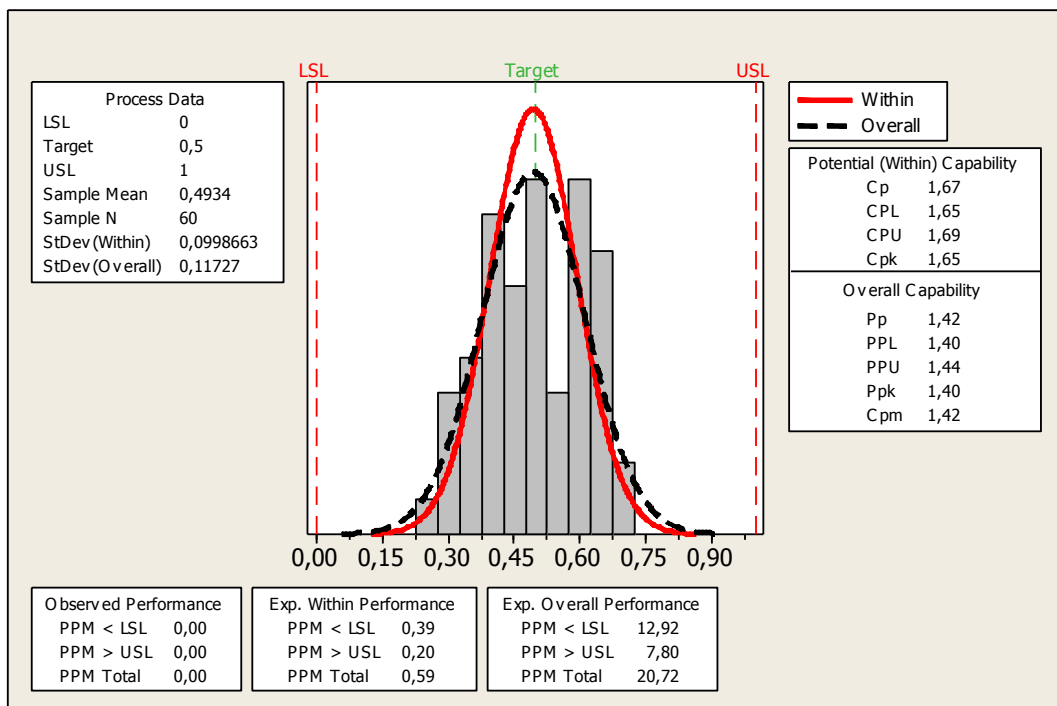
Analisis Kemampuan Proses dari LPB dengan pengaturan optimasi



Peta kendali \bar{X} dan R dari RTB dengan pengaturan optimasi



Analisis Kemampuan Proses dari RTB dengan pengaturan optimasi



LAMPIRAN 10

Jadwal Penelitian

Adapun jadwal untuk pelaksanaan penelitian dapat dilihat pada Tabel 4.17 sebagai berikut:

Tabel 4.17 Jadwal Pelaksanaan Penelitian

No	Aktivitas	Bulan					
		1	2	3	4	5	6
1	Persiapan Material						
2	Studi Pustaka						
3	Persiapan Percobaan						
4	Desain Metode Penelitian						
5	Percobaan Pendahuluan						
6	Perancangan Eksperimen						
7	Eksperimen						
8	Pengolahan Data dan Analisis						
9	Laporan Kemajuan						
10	Pembuatan Laporan						
11	Revisi Laporan Akhir						

